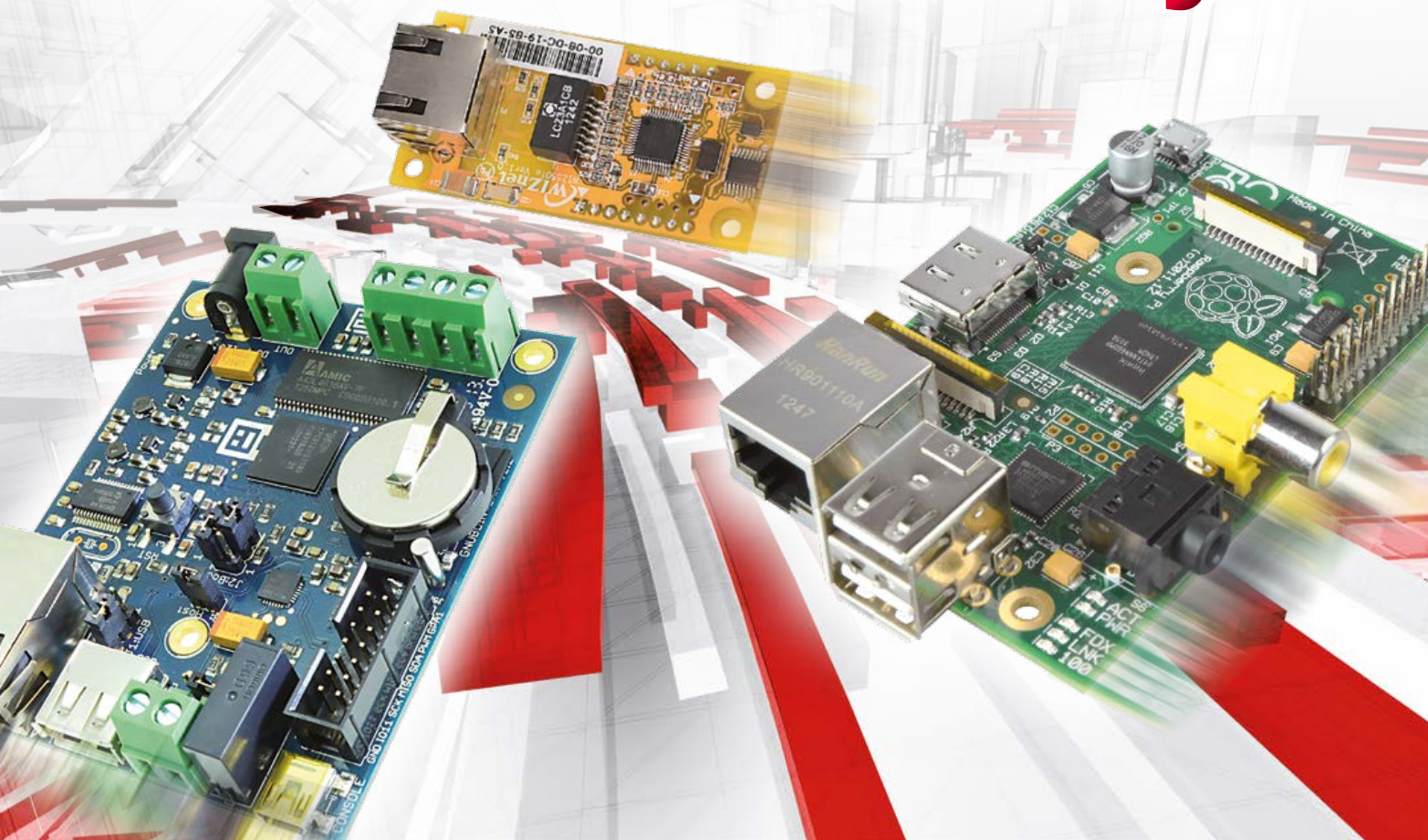


# elektor

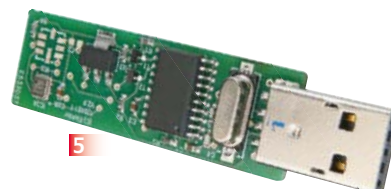
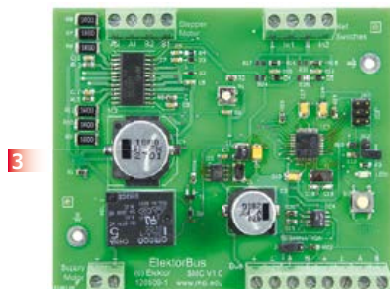
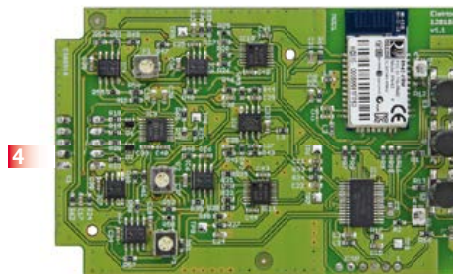
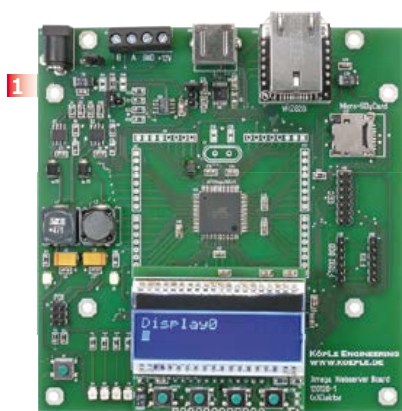
## un protocole pour l'internet des objets



● puce Ethernet intelligente **WIZnet W5500** | ATmega & Raspberry Pi sur l'internet  
ampli d'enceinte active | **VUMètre à 60 LED** | **chargeur solaire 2 A**  
**ECC : interface modulaire universelle** | mini modules pour plaque d'essai  
pluviomètre à siphon ● **Galileo Arduino d'Intel**







## 1 Xmega sur carte polyvalente

La voici enfin, la carte à microcontrôleur qui mesure, pilote et régule à qui mieux mieux ! Branchons-y un module TCP/IP, il en sortira un serveur internet ou d'autres applications en réseau. Sa mémoire de masse réside dans une micro SD. Pour s'en servir, il y a quatre boutons, autant de LED et un afficheur amovible. Et surtout plein d'interfaces sur la même carte.

**Module contrôleur assemblée, testée prête à l'emploi réf 120126-91**

**Module d'affichage réf 120126-92**

## 2 Andropod

**Commandez vos montages**

**avec un smartphone ou une tablette Android**

Écran tactile à haute définition, méga puissance de calcul, connexion réseau et fonctions de téléphonie sans fil : les téléphones tactiles et les tablettes Android seraient des centrales de commande

presque idéales pour nos projets d'électronique s'il était plus facile de s'y connecter. Voici Andropod, votre interface série TTL et RS485. Décollage vertical garanti ! L'offre de matériel Android (par différents fabricants) et de logiciel est énorme et le code source du système d'exploitation est libre. Le puissant kit de fonctions logicielles ou *framework* d'Android offre accès à presque toutes les fonctions matérielles et permet de programmer des applications élégantes et conviviales.

**Réf 110405-91**

## 3 Pilote de moteur pas à pas Pour ElektorBus (module)

Voyager avec l'ElektorBus ouvre de nouveaux horizons. Grâce à sa modularité logicielle autant que matérielle, ce bus accélère le développement d'applications. Exemple pratique : la mise au pas des moteurs !

**Réf 120509-91**

## 4 Elektor Cardioscope

Un électrocardioscope à construire soi-même, utilisant une tablette ou un téléphone Android comme terminal sans fil de visualisation des électrocardiogrammes. La réalisation consiste à combiner habilement une petite interface à PIC pour commander un étage d'entrée analogique et beaucoup de logiciel.

**Réf 120107-91**

## 5 Barostick

Clés USB, clés du succès ? Elles sont partout, elles sont notre album d'images, de vidéos, de musiques préférées, d'articles, de fichiers et même de températures. Et la pression atmosphérique, y aviez-vous pensé ? C'est fait : sur un baromètre sans mercure, avec un capteur Bosch, hectopascals et degrés Celsius rejoignent Windows pour se faire tirer le portrait.

**Réf 120481-91**

**Informations et gamme complète sur :**

**[www.elektorpcbservice.com](http://www.elektorpcbservice.com)**



# Besoin d'accélérer votre phase de développement analogique ?

Les microcontrôleurs PIC® dotés de l'analogique intelligent simplifient la conception

## Microchip's first PIC® MCUs with 16-bit ADC and 10 Msps 12-bit DAC



Combinant une intégration analogique complète et une faible consommation, la famille des PIC24FJ128GC010 permet de réduire significativement les coûts pour les systèmes multi-puces tout en bénéficiant d'un moindre bruit, un débit plus rapide, une carte électronique plus petite et des délais de commercialisation accélérés.

Outre le premier CAN 16 bits de Microchip et un CAN 12 bits à 10 millions d'échantillons par seconde (MSPS), le PIC24FJ128GC010 intègre un CNA et des amplificateurs opérationnels (AOP) doubles pour un système analogique de précision plus simple. Le pilote LCD intégré peut piloter des afficheurs avec jusqu'à 472 segments permettant d'afficher de nombreuses informations pour l'utilisateur. Parallèlement, la technologie tactile capacitive mTouch™ permet des capacités tactiles avancées.

La famille des PIC24FJ128GC010 permet de réduire le bruit afin d'offrir des performances analogiques plus cohérentes, le tout dans un facteur de forme réduit. Ajoutez en toute simplicité des capteurs au kit d'évaluation pour un prototypage facile.

Pour de plus amples informations, visitez la page : [www.microchip.com/get/euGC010](http://www.microchip.com/get/euGC010)

### DÉMARREZ VOTRE DÉVELOPPEMENT EN 3 PETITES ÉTAPES :

1. Commencez par le kit d'évaluation économique PIC24F pour analogique intelligent (DM240015)
2. Ajoutez des capteurs personnalisés à la barrette pour signaux analogiques peu perturbés pour créer un prototype
3. Réutilisez et modifiez le code de démonstration pour accélérer le développement

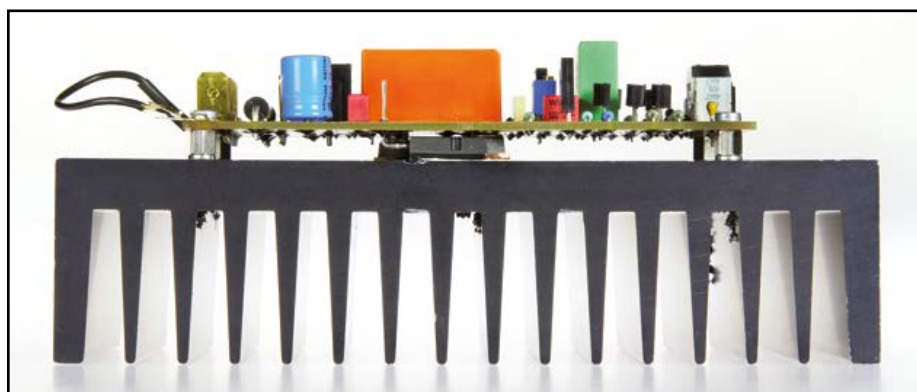
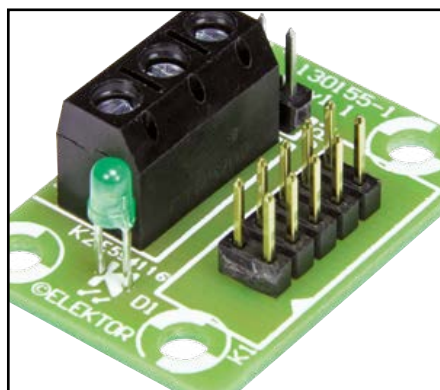


Kit d'évaluation PIC24F pour analogique intelligent (DM240015)



Microcontrollers • Digital Signal Controllers • Analog • Memory • Wireless





## ● tendances

- 8 ForumLED au-delà de l'efficacité énergétique**  
Compte-rendu (succinct) du ForumLED 2013, avec notamment un état des lieux du marché des LED.

## ● labs

- 10 Galileo Arduino d'Intel**  
Quelques premières impressions du nouveau Galileo Arduino d'Intel. Poster gratuit Galileo-Arduino, offert par Mouser et Elektor !

## ● projets

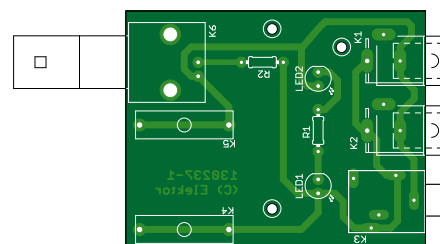
- 12 testeur d'adaptateurs secteur**  
3615 VERIF ! Un outil simple et efficace pour tester et trier les adaptateurs secteurs qui encombrant nos tiroirs. Alternatif ou continu ? Tension ? Polarité ?

## ● DesignSpark

- 24 8<sup>e</sup> jour – contours personnalisés**  
À l'aide de *DesignSpark Mechanical*, créons un contour de carte pour boîtier Hammond pour l'importer ensuite dans *DesignSpark PCB*.
- 80 fusibles CTP drôle de composant n°3**  
Comment font ces fusibles qui se réamorcent tout seuls dès que la surintensité disparaît ?

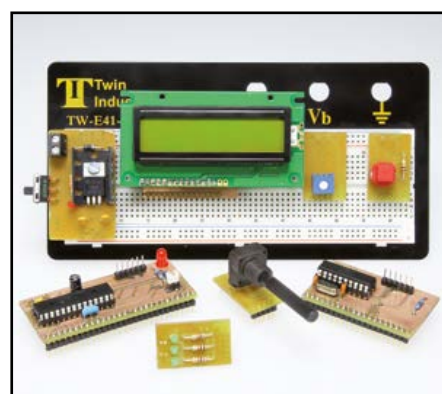
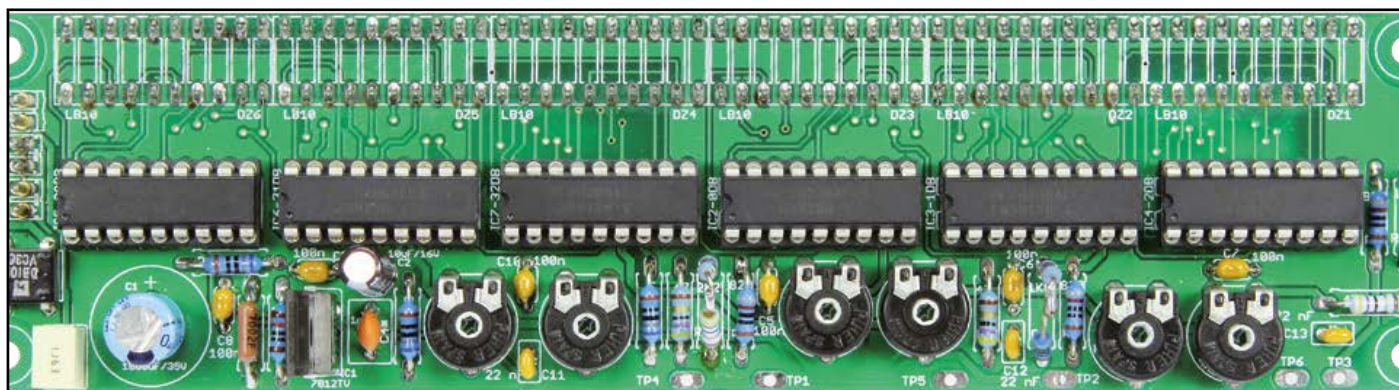
## ● communauté

- 62 puce Ethernet intelligente WIZnet W5500**  
Rejoignez la révolution de l'Internet des Objets (IdO) : concevez un projet innovant, forcément relié à l'internet, et participez au défi *Connect the Magic* de WIZnet.
- 68 définissons un protocole pour l'internet des objets**  
Pour faire communiquer entre eux les appareils connectés à l'internet des objets, il faut un langage commun du côté des applications.



- 14 capteur de pluviomètre à siphon sans pièce mobile**  
Adieu augets basculants, le principe retenu ici est celui du siphon, sans aucune mécanique. C'est le passage d'une quantité connue de liquide





## ● magazine

qui permet de calculer le niveau de précipitation.

### 18 chargeur 2 A avec régulateur MPP

Pour extraire la puissance maximale d'un panneau solaire (en camping-car ou en bateau)

### 28 mini-modules pour plaque d'essai alim, LED, poussoir, PIC ou LCD...

On apprécie les plaques d'essai sans soudure, sauf quand il faut assembler pour la nième fois la même partie de circuit, l'alim à 5 V ou le  $\mu$ C, p. ex. : voici des mini modules universels, enfichables.

### 36 vumètre XXL à LED, large plage et haute résolution

Le vumètre de précision à 60 LED, intégralement analogique, offre une gamme de 60 dB à 1 dB près.

### 42 ampli d'enceinte active

Des enceintes actives réunissent les amplificateurs, les filtres et l'alimentation dans la même boîte que les haut-parleurs.

### 50 ATmega sur l'internet avec Raspberry Pi

Communiquer par l'internet avec un  $\mu$ C, c'est simple avec un Raspberry Pi comme passerelle vers le réseau.

### 56 interfaces modulaires interchangeables grâce à l'Embedded Extension Connector d'Elektor

Un connecteur normalisé pour interconnecter des petits modules d'interfaces RS-485, RS-232, USB ou Bluetooth prêts à l'emploi. Interchangeabilité garantie.

### 72 métier(s) : auteur, passeur, conteur

Entretien avec Rémy Mallard



### 76 spectromètre pour fréquences audio Freystedt (1935)

Paléo-électronique : Restauration d'un modèle de technologie de mesure électro-acoustique

### 81 bientôt dans Elektor

Avant-première

### 82 casse-tête hexadécimal pour elektorniciens



37<sup>ème</sup> année, n° 429  
mars 2014

ISSN 0181-7450  
Dépôt légal : février 2014  
CPPAP 1113 U 83713  
Directeur de la publication : Donatus Akkermans

Elektor est édité par :  
PUBLITRONIC SARL  
c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
FR - 95731 Roissy CDG Cedex

Tél. : (+33) 01.49.19.26.19  
du lundi au jeudi de 8h30 à 17h  
le vendredi de 8h30 à 12h30  
Fax : (+33) 01.49.19.22.37  
www.elektor.fr | www.elektor-magazine.fr

Banque ABN AMRO : Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702  
603  
BIC : ABNAFRPP

#### DROITS D'AUTEUR :

© 2014 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 -art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.

Imprimé aux Pays-Bas  
par Senefelder Misset - Doetinchem

Distribué en France par M.L.P.  
et en Belgique par A.M.P.

## cher Cloud, JE TE HAIS !

On vous fait croire qu'avec le *cloud* vous serez comme sur un nuage ; ce qu'on ne vous dit pas, c'est que c'est un énorme *cumulonimbus*. Le cloud, ça marche tout le temps et partout ; enfin sauf quand :

- vous n'avez pas la bonne version du navigateur
- vous n'êtes pas derrière le bon firewall
- Java, quand il est utilisé, ne veut pas fonctionner
- ...

Avec le *cloud*, on ne voit jamais de message d'erreur. Quand ça marche pas, eh ben ça marche pas. Et c'est vous qui passez pour un c... en appelant le support pour dire « ça marche pas ».

Oui, mais avec le *cloud*, nous dit-on, « vous avez toujours la dernière version du logiciel »... et les derniers problèmes à la mode, sans même avoir à le demander. Imaginez que votre garagiste passe par surprise (et dans votre dos) dans l'après-midi pour réparer votre voiture qui fonctionnait très bien. Bien entendu, quand vous voulez l'utiliser le soir, vous êtes le premier à rencontrer le problème que personne ne sait résoudre, alors que tout ce que vous voulez, c'est utiliser votre voiture. Le *cloud*, ça a quand même un avantage de taille : quand ça ne marche pas, c'est de la faute de personne, mais on peut engueuler quelqu'un, il faut dire qu'on paye pour ça. Sinon, trouvez-vous sain d'infantiliser les utilisateurs et de les priver d'absolument tout contrôle sur leur outil de travail ? Moi pas. Avant de conduire une voiture, on apprend à la démarrer et à l'entretenir. Et je ne parle même pas de la sécurité. En cas de problème critique de confidentialité, une petite boîte pourra toujours faire un procès, dans quelques années, quand elle aura coulé.

### Kévin Petit

*Note du rédacteur en chef :* Ce cri du cœur de Kévin, collaborateur régulier de la rédaction, n'est pas celui d'un vieux sceptique, comme moi, qui ne réalise pas qu'il est déjà complètement dépassé. Kévin pourrait être mon fils, il est né l'année de la catastrophe de Tchernobyl et il travaille en Angleterre comme informaticien de haut-niveau pour ARM Ltd. Ce n'est donc pas une question de génération, car moi, je serais plutôt enclin à me laisser séduire par le cloud. Et vous ?  
Denis Meyer

## Notre équipe

Rédacteur en chef :	Denis Meyer (redaction@elektor.fr)
Rédaction internationale :	Harry Baggen, Jan Buiting, Jaime Gonzalez Arintero, Jens Nickel
Laboratoire :	Thijs Beckers, Ton Giesberts, Wisse Hettinga, Luc Lemmens, Mart Schroijen, Clemens Valens, Jan Visser, Patrick Wielders
Coordination :	Hedwig Hennekens
Ont coopéré à ce numéro :	Jean-Paul Brodier, Robert Grignard, Hervé Moreau, Kévin Petit, NN
Service de la clientèle :	Jolanda van Kruchten
Graphiste :	Giel Dols
Elektor en ligne :	Daniëlle Mertens







#### France

Denis Meyer  
+31 46 4389435  
d.meyer@elektor.fr



#### United Kingdom

Carlo van Nistelrooy  
+44 20 7692 8344  
c.vannistelrooy@elektor.com



#### USA

Carlo van Nistelrooy  
+1 860-289-0800  
c.vannistelrooy@elektor.com



#### Germany

Ferdinand te Walvaart  
+49 241 88 909-17  
f.tewalvaart@elektor.de



#### Netherlands

Ferdinand te Walvaart  
+31 46 43 89 444  
f.tewalvaart@elektor.nl



#### Spain

Jaime González-Arintero  
+34 6 16 99 74 86  
j.glez.arintero@elektor.es



#### Italy

Maurizio del Corso  
+39 2.66504755  
m.delcorso@inware.it



#### Sweden

Carlo van Nistelrooy  
+31 46 43 89 418  
c.vannistelrooy@elektor.com



#### Brazil

João Martins  
+31 46 4389444  
j.martins@elektor.com



#### Portugal

João Martins  
+31 46 4389444  
j.martins@elektor.com



#### India

Sunil D. Malekar  
+91 9833168815  
ts@elektor.in



#### Russia

Nataliya Melnikova  
+7 (965) 395 33 36  
Elektor.Russia@gmail.com



#### Turkey

Zeynep Köksal  
+90 532 277 48 26  
zkoksal@beti.com.tr



#### South Africa

Johan Dijk  
+31 6 1589 4245  
j.dijk@elektor.com



#### China

Cees Baay  
+86 21 6445 2811  
CeesBaay@gmail.com

## Notre réseau



VOICE & COIL



audioxpress



## vous connecte à



## Nos annonceurs



#### Microchip

[www.microchip.com/get/euGC010](http://www.microchip.com/get/euGC010) . . . . . 3



#### Schaeffer AG

[www.schaeffer-ag.de](http://www.schaeffer-ag.de) . . . . . 75



#### National Instruments

[www.ni.com/academic/f](http://www.ni.com/academic/f) . . . . . 84



#### WIZnet

[www.circuitcellar.com/wiznet2014](http://www.circuitcellar.com/wiznet2014) . . . . . 23



#### Pico

[www.picotech.com/PS252](http://www.picotech.com/PS252) . . . . . 83



#### Reichelt

[www.reichelt.fr](http://www.reichelt.fr) . . . . . 71

## Pour placer votre annonce dans le prochain numéro d'Elektor

veuillez contacter Mme Ilham Mohammadi par téléphone au (+31) 6.41.42.25.25  
ou par courrier électronique : i.mohammadi@elektor.fr

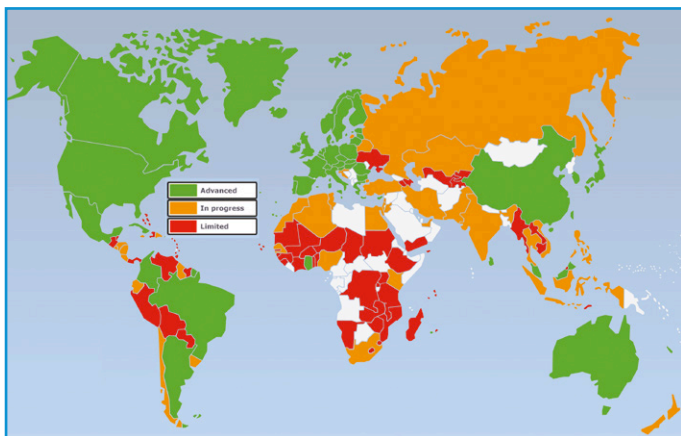
## Vos correspondants

Nous sommes à votre service pour toute question relative à votre commande ou votre abonnement  
par téléphone au (+33) 01.49.19.26.19 du lundi au jeudi de 8h30 à 17h  
et le vendredi de 8h30 à 12h30 ou par courriel : service@elektor.fr



# ForumLED

## au-delà de l'efficacité énergétique



Engagement des pays à passer à un éclairage plus efficace. Environ 35% ont entamé la suppression des lampes à incandescence.

En rouge, les pays dans lesquels il ne se passe rien ou peu.

Source : [www.enlighten-initiative.org/CountrySupport/GlobalPolicyMap.aspx](http://www.enlighten-initiative.org/CountrySupport/GlobalPolicyMap.aspx)

**Mariline Thiebaut-Brodier** (Elektor)

Les conférences du ForumLED 2013 se sont ouvertes sur un état des lieux du marché de la LED. En Europe, l'éclairage représente aujourd'hui environ 14% de l'électricité consommée ; en 2050, cette consommation pourrait être réduite à 6% grâce entre autres à l'éclairage à LED. Le simple remplacement des lampes à incandescence, des tubes fluorescents ou des lampes à décharge ne suffit pas.

Il faut adapter l'éclairage à l'utilisateur, avec p. ex. dans les immeubles de bureaux, des détecteurs de présence (allumage/extinction automatique), des variateurs commandés par la lumière du jour, des optiques plus efficaces... Une conception optimisée de l'éclairage devra inclure la communication et l'interaction entre commandes et capteurs, et donc la standardisation des protocoles.

Depuis le retrait des lampes à incandescence (2009), le particulier, contraint d'acheter de nouvelles lampes, à LED notamment, est perdu par manque d'informations, de connaissances, de normes, de critères de qualité clairs et de surveillance du marché...

Fin 2012, les industriels européens et les associations nationales de l'éclairage se sont rassemblés et ont fondé l'association *LightingEurope*, une plate-forme de développement et de communication. Il s'agit aussi, grâce à une normalisation et un renforcement de la surveillance, de se serrer les coudes face aux produits asiatiques de qualité parfois douteuse. Moyens et volonté seront-ils au rendez-vous ?

Il reste à vaincre le scepticisme des acheteurs vis-à-vis des LED, ils ont été échaudés par les lampes fluocompactes. Les experts estiment que le marché de la LED en remplacement des lampes historiques croîtra jusqu'en 2020. Les ventes de LED pour les téléviseurs et autres écrans (*backlighting*) ont déjà commencé à décroître. La part de marché de l'éclairage automobile devrait rester autour de 10% du marché global de la LED.

### Éclairage à LED dans les pays en voie de développement

L'initiative *en.lighten* est un programme des Nations Unies pour l'environnement. Ce partenariat public-privé a pour objectif le remplacement des lampes à incandescence (dans le résidentiel) partout dans le monde à l'horizon 2015. L'éclairage représente presque 20% de la consommation électrique mondiale et 6% des émissions de CO<sub>2</sub>. Réduire la consommation d'électricité et donc l'émission de gaz à effet de serre est également un objectif des pays en voie de développement. Le combustible économisé peut être consommé pour d'autres tâches. Pour les régions électrifiées, cela permet de limiter la construction de centrales électriques et de diminuer le risque de *blackout*. L'idéal serait de passer directement des lampes à incandescence aux lampes à LED, sans l'étape lampes fluocompactes pour éviter la pollution au mercure.

Priorités de ce programme de mise en place à la fois d'un cadre politique et de mesures pratiques :

- mise en place des normes minimales de performance énergétique (NMPE) ;
- soutien de ces normes par des politiques et des mécanismes complémentaires ;
- mise en place des programmes de suivi, de vérification et d'application (SVA) ;
- gestion de la transition respectueuse pour l'environnement.

L'initiative *en.lighten* a développé des outils pour aider les pays volontaires dans leurs efforts de transition vers un éclairage efficace : évaluations nationales, orientation, centre de soutien en ligne, ateliers régionaux, centre de collaboration. Elle soutient p. ex. l'*Ambilamp International Academy* qui dispense des formations sur le recyclage et la gestion durable des lampes.

On trouve aussi des solutions « plus localisées » pour s'éclairer de manière économique. Comme plus d'un quart de la population mondiale n'a pas accès à un réseau public d'électricité, l'éclairage hors réseau (*off-grid*) est une solution séduisante pour transformer la vie et l'économie d'un pays (amélioration de l'éducation, la santé,



la sécurité). C'est pourquoi l'association GOGLA (*Global Off-Grid Lighting Association*) s'est donné comme mission la promotion de systèmes d'éclairage autonomes que l'on peut assembler, installer et utiliser sans connaissances techniques particulières. Ces luminaires reposent sur trois composants clés :

- une source d'électricité, le plus souvent un petit panneau solaire de 1 à 5 W
- une batterie rechargeable, de plus en plus lithium-ion
- une lampe, généralement à LED.

Les systèmes les plus perfectionnés permettent de charger un téléphone (port USB) ou peuvent être rechargés avec une manivelle par exemple. L'industrie commence à proposer des systèmes solaires avec éclairage plus puissants pour alimenter en même temps des téléphones, des radios/TV, des ventilateurs...

L'Afrique s'est équipée rapidement en téléphones portables, elle abandonnera tout aussi vite la « lampe kérosène » pour la « lampe SSL ». Malheureusement les géants de l'éclairage n'ont pas développé de réseaux de distribution pour atteindre les utilisateurs finaux. Actuellement seules des PME se lancent sur ce grand marché prêt pour les LED.

## Les LED à la Sixtine

Les LED sont appréciées pour l'éclairage des musées, comme en témoigne la communication de *FABERtechnica* sur le futur système d'éclairage à LED de la Chapelle Sixtine à Rome. Le mélange de LED blanches et RGB permet d'obtenir une lumière avec un indice de rendu des couleurs supérieur à 90, un spectre continu et sans émission d'ultraviolet ni d'infrarouge (moins de risque d'altérer les œuvres). Les sources à LED sont discrètes et flexibles, mais doivent dissiper la chaleur produite, ce qui demande beaucoup de place.

Actuellement l'éclairage de la Sixtine consiste en :

- lampes aux halogénures métalliques, difficilement accessibles pour le nettoyage et le remplacement ;
- spots halogènes pour l'éclairage dit de gala, concentré sur le sol.

Des études ont été menées pour mesurer la luminance ( $\text{cd/m}^2$ ) dans les deux modes d'éclairage, entre autres en fonction de l'apport en lumière naturelle. Le vieillissement ainsi que le facteur de réflexion des pigments utilisés dans les peintures ont également été examinés. L'objectif était une consommation moindre avec un nouvel éclairage uniforme (entre 50 et 100 lux sur les peintures), facile à régler de manière continue, qui évite l'éblouissement, permette d'éclairer aussi le sol et ne détériore pas les œuvres tout en garantissant un rendu des couleurs élevé ( $R_a > 95$ ). Un nouveau système d'éclairage discret a été approuvé fin 2013 et les luminaires à LED sont en cours de fabrication. La climatisation sera modifiée pour évacuer la chaleur des LED.

Ces points forts du ForumLED 2013 n'en donnent qu'un reflet très partiel. Il a été beaucoup question aussi d'éclairage dans les avions et les automobiles, de l'impact de la lumière sur les organismes vivants, de l'éclairage routier et urbain, ou encore de l'éclairage intelligent.

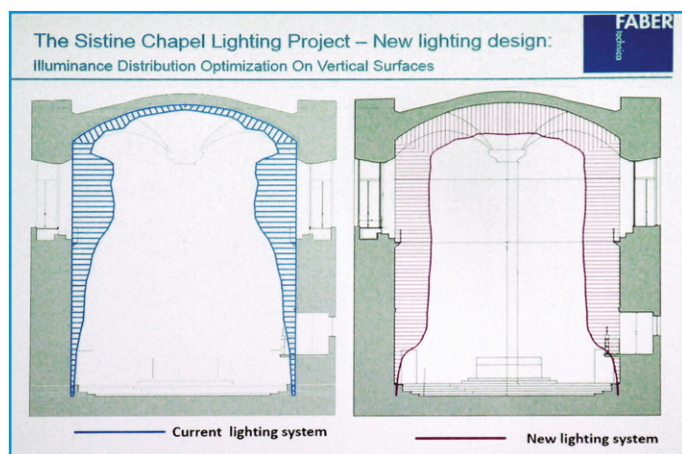
(130515)



Les systèmes d'éclairage autonomes proposés par le fabricant d.light sont étanches et robustes (résistants aux insectes et à la poussière).

Le modèle le plus simple coûte environ dix euros et éclaire pendant 4 h.

[www.dlightdesign.com](http://www.dlightdesign.com)

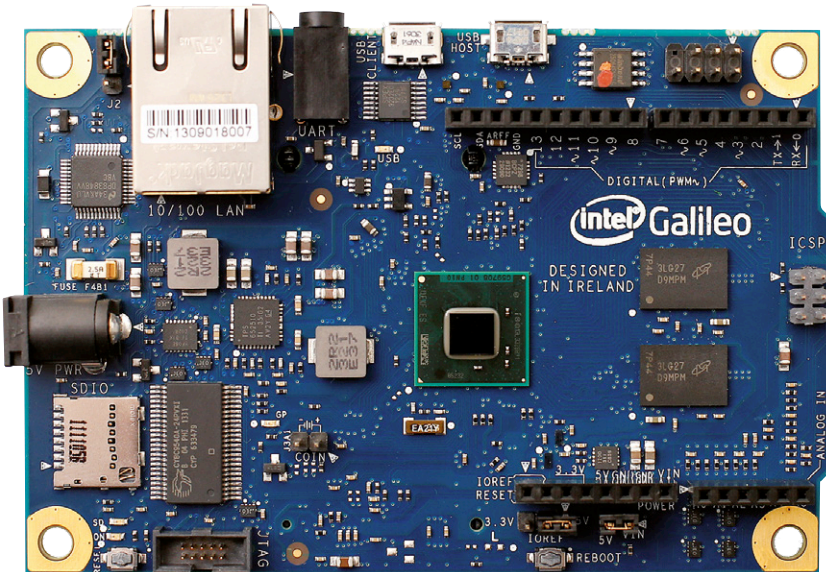


Chapelle Sixtine, comparaison de la distribution de la luminance entre l'actuel et le futur système d'éclairage.



# Galileo Arduino d'Intel

## échantillon au labo



Thijs Beckers (Elektor)

Travailler dans l'édition comporte quelques privilèges comme celui de pouvoir tester avant tout le monde les derniers-nés des fabricants. Ainsi nous avons eu la joie de sonder le nouveau *Galileo Arduino*.

Voici quelques premières impressions.

L'*Intel Galileo* est coproduit par *Arduino* et le géant du semiconducteur *Intel*, premier module d'une nouvelle famille *Arduino Certified*, destinée aux débutants et développeurs *next level*. Avec son processeur à 32 bits cadencé à 400 MHz compatible avec le jeu d'instructions du *Pentium*, c'est plutôt aux concepteurs expérimentés qu'elle semble convenir. Petit tour d'horizon de l'échantillon que nous avons reçu.

Il suffit de voir le nombre et le type de composants embarqués pour se convaincre que cette carte ne joue pas dans la même cour que ses petites sœurs. Comparée à l'*Uno*, la différence est flagrante et même le *Yún* reste à des lieux de *Galileo*. En plus du connecteur *Arduino* standard, c'est la débauche : JTAG, ICSP, RS-232, 2 x USB (hôte et périphérique) et bien entendu un port réseau RJ-45.

La puce *Intel* flanquée de deux mémoires DDR3L Micron MT41K128M8JP-125:G de 1 Gbit ne passe pas inaperçue. Sur le schéma qui, comme toujours chez *Arduino*, est téléchargeable [1] (27

pages !) il ne manque aucune des nombreuses résistances et des condensateurs au format 0402. Au fait, le jack 3,5 mm, ce n'est pas pour de l'audio mais pour un bon vieux RS-232.

Après avoir déballé l'ensemble, lu le guide de démarrage et téléchargé les outils de développement [2] (nous avons utilisé *Intel Galileo Arduino SW v1.5.3* pour *Windows v07.5*), nous avons décompressé le logiciel et l'avons copié à la racine de notre disque dur, comme le suggère le guide. Un emplacement différent cause (nous avons essayé) des problèmes, car les chemins deviennent trop longs.

L'alimentation doit être reliée avant le câble USB faute de quoi la carte pourrait être endommagée. L'adaptateur secteur inclus est spécifié pour 5 V et 1,5 A. Serait-il gourmand, le roi des *Arduino* ? Dès que vous aurez relié le port USB client à votre PC ou Mac, l'installation des pilotes commencera. Suivez les instructions du guide de démarrage pour l'effectuer correctement. *Galileo* apparaît maintenant comme un port série supplémentaire dans le gestionnaire de périphériques. Rappelez-vous du numéro du port : vous devrez le donner à *Lady Arduino*.

Lançons maintenant cet environnement de développement intégré (EDI) *Arduino*, chargeons un

[1] <http://arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo>

[2] <https://communities.intel.com/community/makers/software/drivers>



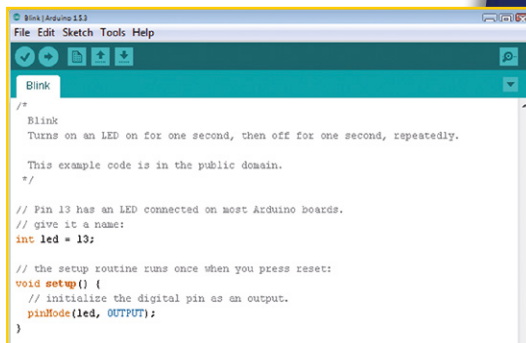
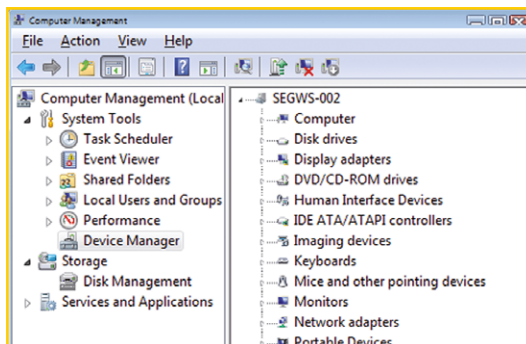
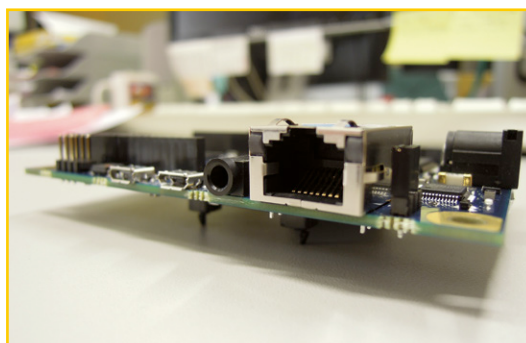
sketch et voyons ce que cette carte a dans le ventre. Le guide de démarrage propose de commencer avec l'exemple *Blink*. En suivant le guide, vous passerez par l'étape, classique et facile, de la programmation de la carte *Arduino*. Commencez par sélectionner la carte et le port série depuis le menu *Tools*. Puis, après avoir cliqué sur le bouton *Upload*, la petite LED verte marquée GP (General Purpose ?) commencera à clignoter à 1 Hz. Pas très lumineuse, sans doute à cause de son format 0603, mais elle remplit sa fonction. C'était facile ! Le guide conseille ensuite de mettre à jour le micrologiciel de la carte avec celui livré avec l'EDI (les mises à jour seront livrées avec l'EDI) ; cela ne devrait pas prendre plus de 15 mn. Avant de commencer à travailler, assurez-vous que votre carte est à jour.

*Galileo* est capable de démarrer depuis une carte SD (ce que nous n'avons pas eu le temps de vérifier). Nous avons essayé le *sketch ReadAnalogVoltage* qui fonctionne en renvoyant fidèlement via l'USB au moniteur série intégré (dans l'onglet *Tools* de l'EDI *Arduino*) la tension mesurée sur l'entrée analogique A0.

Pour utiliser le WiFi, il faut impérativement démarrer depuis une carte SD : le pilote est trop gros pour tenir dans la mémoire flash SPI intégrée à la carte. Nous n'avons pas pu essayer, le connecteur WiFi au dos de la carte n'était de toute façon pas monté. La documentation nous dit que le WiFi intégré a été testé avec un adaptateur *Intel Centrino Wireless-N 135* ; un module optionnel qu'il faudra acheter séparément.

Notre conclusion ? L'électronique évolue vite et se complexifie à chaque génération, mais *Intel Galileo*, certifié *Arduino*, représente un pas de géant, loin des *Arduino* habituels. Jouera-t-il pour *Arduino* un rôle comparable à celui que joua autrefois son génial patron Galilée pour les sciences ? Quand la carte sortira officiellement, on verra si, pour le public ciblé, il n'a pas évolué trop vite. Je ne serais pas surpris qu'il soit perçu par une grande partie de la communauté *Arduino* comme trop difficile ?

(130449 – version française : Kévin PETIT)



**Téléchargez gratuitement le poster Galileo-Arduino, offert par Mouser et Elektor !**

**Offre réservée aux lecteurs d'elektor.post et du magazine Elektor.**

**Durée limitée : du 21 février au 5 mars 2014**

**[www.elektor.com/galileo-arduino](http://www.elektor.com/galileo-arduino)**



# testeur d'adaptateurs secteur 3615 VERIF !



Impossible, pour sûr, de faire moins cher que cet adaptateur secteur sans garantie (même pas celle qu'il ne prendra pas feu) à deux sous acheté au magasin discount du coin. Mais délivre-t-il au moins la bonne tension ? Quelle est sa polarité ? Ne serait-ce pas un adaptateur CA\* qui se cache dans cette boîte noire ?

Charles (Chuck) Hansen (États-Unis)

Il y a quelque temps, j'ai reçu avec des composants électroniques achetés dans un vide-grenier, un carton d'adaptateurs secteur ; que vous connaissez sans doute aussi sous les noms de *bloc*, *transfo*, *chargeur*, pour n'en citer que quelques-uns. Sur certains, tension et courant nominaux étaient identifiés, mais d'autres ne

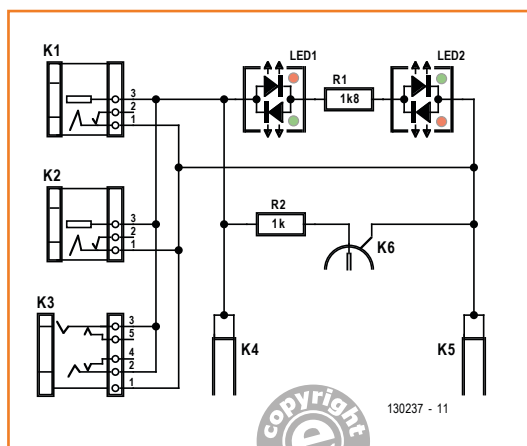
comportaient que des étiquettes illisibles voire pas d'étiquette du tout. Afin de les trier et les tester, j'ai bidouillé une petite boîte pour les relier à des prises jack standard 2,5 x 5,5 mm, 2,1 x 5,5 mm ou bien un jack audio 3,5 mm.

Imaginez, par exemple, que vous branchez un adaptateur 14 V CC dans la prise jack 2,5 mm du testeur et que les LED montrent qu'il s'agit d'un adaptateur CC dont le positif (LED rouge) se trouve au centre du connecteur et le négatif (LED verte) sur le pourtour. Le rêve, non ?

## Comment ça marche ?

Le schéma de mon testeur d'adaptateurs CA\* (courant alternatif) et CC\* (courant continu) est simple (**fig. 1**). L'adaptateur se branche dans le jack K1, K2 ou K3 qui convient. Leur contact central est relié à l'anode de la LED rouge et la cathode de la LED verte contenues dans la LED bicolore LED1. L'autre contact est relié à la deuxième LED bicolore LED2 mais dans l'autre sens. Les LED1 et LED2 sont liées par R1 qui limite le courant qui y circule. Avec une tension alter-

Figure 1.  
Deux LED bicolores vont soulager tous vos maux de tête dus aux adaptateurs à prix imbattable.





native, les deux LED s'illuminent d'un jaune/orange vif.

Les embases banane K4 et K5 permettent de relier une charge résistive pour déterminer la capacité de l'adaptateur en charge. En général, à pleine charge la tension est spécifiée pour 95 % de la tension à vide mais préparez-vous à observer une grande dispersion.

Vous pourrez relier un voltmètre à la prise BNC K6 pour surveiller la tension. La résistance R2, montée en série, limitera le courant à une valeur raisonnable pour les étourdis qui auraient oublié de changer la position du sélecteur de leur multimètre pour les mesures de tension : cela vous évitera d'avoir à chercher un fusible pour remplacer celui qui ne manquera pas de sauter. Les lecteurs qui ne se trompent jamais pourront omettre cette résistance. À moins que votre multimètre ne sélectionne automatiquement la gamme, mieux vaut commencer par la plus étendue puis descendre progressivement. Si vous montez les prises banane à l'extérieur du boîtier, assurez-vous qu'elles sont espacées d'un quart de pouce : cela correspond à l'espacement standard entre les deux bananes d'un connecteur double de test.

## Assemblage

Le circuit imprimé (**fig. 2**) tient dans un petit boîtier en plastique rigide. L'illustration en tête d'article montre la carte assemblée et le boîtier. Il manque K1 sur le prototype : au moment où la photo a été prise, le tiroir de jacks 2,5 mm à monter sur C.I. était vide chez Elektor. Mon prototype (assemblé en l'air) m'a coûté environ 14 \$ de composants achetés chez Mouser.

Avec notre suggestion de face avant (**fig. 3**) et les symboles et couleurs choisis, ce testeur sera facile à utiliser. Vous pourrez la télécharger [2] et l'imprimer avec une imprimante laser sur un transparent autocollant. Il ne vous restera qu'à appliquer le film sur le dessus du boîtier (que vous aurez peint), puis à découper dans le film les trous nécessaires pour passer les LED. Vous pourrez ajouter deux couches de vernis polyuréthane en guise de protection.

## Adaptateur surprise

Toutes les tailles d'adaptateurs existent : tension spécifiée jusqu'à 56 V<sub>CC</sub> ou 24 V<sub>CA</sub>, et courant dépassant 12 A. Ce testeur a été conçu pour, et testé avec des adaptateurs courants dont la tension de sortie est spécifiée entre 5 V<sub>CC</sub> et 24 V<sub>CC</sub>,

## Liste des composants

### Résistances

R1 = 1,8 kΩ  
R2 = 1 kΩ

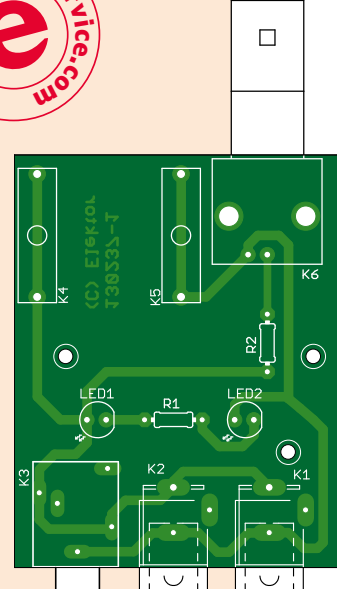
### Semiconducteurs

LED1, LED2 = LED bicolore rouge/verte 5 mm (2112114)

### Divers

K1 = embase jack pour alim. 2,5 mm encartable (1608726)  
K2 = embase jack pour alim. 2,1 mm encartable (1608727)  
K3 = embase jack audio 3,5 mm encartable (1243244)  
K4 = embase banane rouge encartable (497344)  
K5 = embase banane noire encartable (497332)  
K6 = prise BNC coudée encartable (2293737)  
circuit imprimé 130237 [2]

(entre parenthèses, codes du catalogue Newark/Farnell)



ou jusqu'à 18 V<sub>CA</sub>. Ne soyez pas surpris de tomber sur des adaptateurs dont le négatif se trouve au centre du connecteur et le positif en périphérie.

\* Note : En anglais, comme en français, le A désigne le courant alternatif, pas de confusion possible. Quant au D, il correspond à l'anglais direct, c'est-à-dire le courant continu en français.

(130237 – version française : Kévin PETIT)

## Liens

[1] [www.elektor-magazine.fr/130237](http://www.elektor-magazine.fr/130237)

Figure 2.  
Le circuit imprimé, simple et aéré, conçu pour le testeur d'adaptateurs.

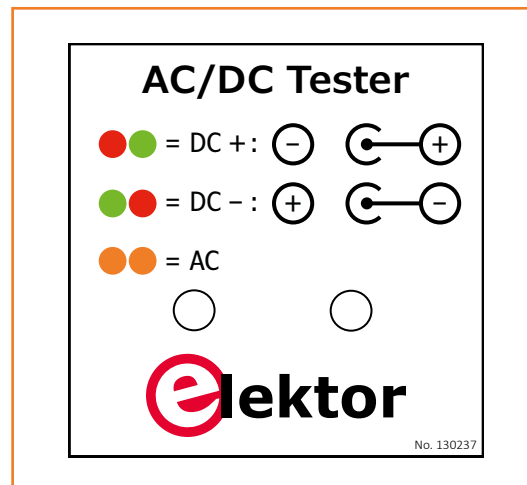


Figure 3.  
Exemple de face avant pour le boîtier. Téléchargez-le et adaptez disposition, taille et couleurs à votre guise.



# capteur de pluviomètre à siphon

sans pièce mobile  
compatible avec l'enregistreur météo USB

**Paul Cordonnier**  
(Belgique)



L'électronicien météorologiste se méfie de la mécanique, sujette à l'usure et donc à l'imprécision. Pourtant, dans le domaine des capteurs pour la pluviométrie, les innovateurs ne se bousculent guère. C'est pourquoi nous n'avons pas hésité longtemps en recevant cette proposition venant d'un pays où l'on s'y connaît en précipitations liquides.

Les stations météo sont parmi les sujets les plus prisés de l'électronicien moyen, ce qui, dans le fond, est assez curieux, puisque les interférences de la pluie et du beau temps avec la pratique de son art sont à peu près nulles. Son engouement s'expliquerait-il par une obsession pour tout ce qui peut se mesurer avec précision ? Une chose est sûre, l'électronicien se méfie de la mécanique. Les pièces mobiles lui donnent de l'urticaire et il redouble d'ingéniosité pour essayer de s'en passer. On en a encore vu des exemples récemment dans Elektor avec divers circuits de mesure de flux d'air pour remiser définitivement les girouettes et autres anémomètres à godets. Paul Cordonnier, lui, est parvenu à simplifier la construction de son pluviomètre au point de supprimer totalement les pièces mobiles, sans rien sacrifier ni de la fiabilité ni de la précision que l'on est en droit d'attendre d'un tel accessoire. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, il faut résoudre bon nombre de problèmes pour obtenir une pluviométrie précise. Nous n'entrons pas dans les détails ici [2], mais retiendrons qu'un pluviomètre est un instrument servant à mesurer la hauteur de précipitation pendant un temps donné. Par hauteur de précipitation, on entend l'épaisseur d'eau de pluie qui aurait recou-



vert une surface horizontale et bien dégagée si l'eau tombée n'avait subi ni infiltration, ni ruissellement, ni évaporation. Elle s'exprime en millimètres ou en litres par mètre carré ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$ ).

Pour remplacer l'habituel système\* à augets basculants des pluviomètres courants, le principe retenu ici est celui du siphon, *mais sans aucune mécanique*. Tout le monde sait qu'un siphon est, dans le sens où nous l'entendons ici, un tube (*siphôn* en grec) courbe qui transfère un liquide d'un niveau donné à un niveau inférieur, en passant par un niveau supérieur aux deux autres.

Notre capteur à siphon est formé d'un tube souple en plastique de faible diamètre (5 mm p. ex.), plongé dans un réservoir ou une éprouvette (**fig. 1**), surmonté(e) de l'entonnoir collecteur. L'éprouvette est tout simplement un tube rigide de quelques centimètres de diamètre, fermé en bas par un bouchon à travers lequel passe le tuyau souple recourbé qui fait siphon. La pluie recueillie par l'entonnoir fait monter le niveau de liquide dans le réservoir. Lorsque ce niveau atteint le coude du siphon, celui-ci s'amorce et purge le contenu de l'éprouvette : l'eau s'écoule vers la sortie du tube. Cette quantité d'eau est, à quelques gouttes près, toujours la même. Il suffit donc de compter le nombre d'amorçages du siphon pour connaître la masse d'eau recueillie. En résumé, comme dans un pluviomètre à augets, c'est le passage d'une quantité connue de liquide qui permet, au moyen d'une simple multiplication, de calculer le niveau de précipitation. Mais ici, ce n'est pas le mouvement de l'auget qui est détecté, c'est celui de l'eau elle-même ! En passant dans le tube d'évacuation du siphon, l'eau crée un court-circuit entre deux fines électrodes en inox qui transpercent le tube souple sous l'éprouvette. Ici s'arrête le capteur et commence l'électronique. Les deux électrodes sont reliées à K2 du circuit de la **figure 2** ; quand l'entrée non-inverseuse du comparateur IC1 est forcée au niveau bas par le passage du liquide entre les électrodes, sa sortie bascule. Et là s'arrête la description de notre capteur pluviométrique ! Il est relié à l'entrée d'un ordinateur (ou d'un autre circuit programmé) auquel sera confiée la noble tâche d'exploiter ce signal brut de siphonnage.

## Drains

Si vous avez bien examiné la figure 1, vous avez remarqué un détail étrange dans les branches

## Le circuit en trois phrases

- Le réservoir du pluviomètre sans pièce mobile est muni d'un siphon, qui se vide automatiquement chaque fois que l'eau recueillie atteint le niveau requis.
- Pour établir une pluviométrie précise et fiable, il suffit de mesurer une fois pour toutes le volume d'eau du siphon, puis de compter le nombre d'amorçages du siphon et de noter l'instant où ils se produisent.
- Ce capteur pluviométrique sans pièce mobile peut être associé à l'enregistreur météo USB d'Elektor dont le *micrologiciel* a été adapté.

du siphon, en amont et en aval des électrodes, sous la forme d'un trait fin. Il représente une espèce de mèche, faite d'un simple fil de coton fin, enfilé dans le tube afin de drainer le flux des gouttes d'eau résiduelles après chaque vidage du siphon, à défaut de quoi la stagnation de goutte-

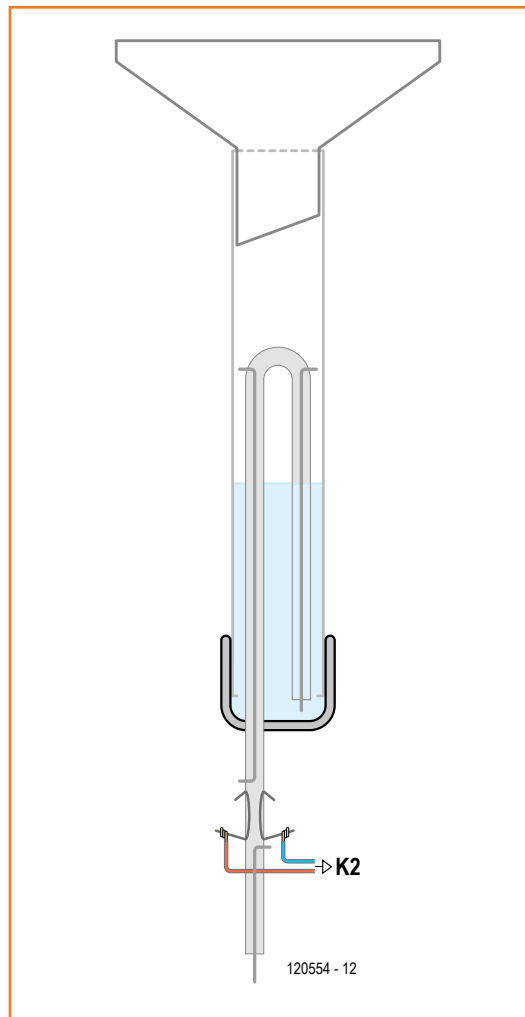
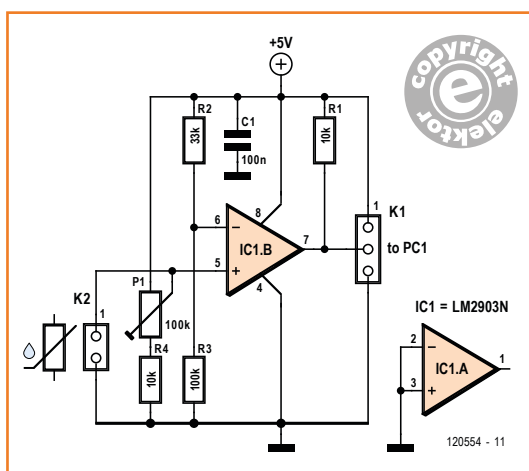


Figure 1.  
Ce capteur pour pluviométrie utilise le principe du siphon qui permet de se passer de pièce mobile.

\* il existe aussi des pluviomètres à balance, dans lesquels la masse de l'eau recueillie est pesée.



Figure 2.  
Le schéma du capteur se réduit à un simple comparateur dont le seuil de basculement est réglable.



lettres entre les électrodes pourrait occasionner un court-circuit. Si celui-ci se prolongeait jusqu'à la prochaine giclée, celle-ci ne serait pas signalée par un basculement du comparateur et le comptage serait faussé.

L'expérience a fait la preuve, pour les mêmes raisons, de l'utilité de la présence d'un bout de fil dans la branche ascendante du siphon. Il élimine les gouttelettes d'eau restées dans le siphon en fin de purge, susceptibles, lors des précipitations suivantes, de perturber la montée de l'eau dans le siphon.

Remarquez qu'en aucun cas ces drains ne doivent passer ni à la hauteur des électrodes ni dans la partie coudée (risque d'auto-amorçage du siphon (par capillarité) lors d'une montée lente du niveau).

Ici David A., un partisan de l'approche capacitive, bien connu des lecteurs d'Elektor, a suggéré sur le site [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com) où ce pluviomètre a été présenté [1] avant sa publication, que deux électrodes à coller de part et d'autre sur les parois extérieures du tube formeraient un condensateur ; le passage de l'eau causerait-il une perturbation de la capacité telle qu'elle pourrait être détectée de manière fiable ? Cela mériterait une expérimentation qui reste à mener. La mécanique des électrodes serait simplifiée dans ce cas, c'est sûr, mais pas le circuit de commande car il faudrait probablement passer en alternatif. Toujours est-il que le principe du siphon est vieux comme le monde, qu'il existe même des pluviomètres à siphon qui font appel à une pièce mobile, mais il semble que personne à ce jour n'a encore pensé à utiliser la mesure directe et sans mécanique (autre que celle des fluides) présenté ici.

Nous n'entrerons pas dans les détails de la fabrication. Le matériel requis pourra être rassemblé facilement au rayon sanitaire et plomberie d'une grande surface de bricolage :

- entonnoir avec filtre (gare aux feuilles mortes),
- env. 20 cm de tube en plastique de 2 à 3 cm de diamètre, avec bouchon
- env. 1 m de tuyau en plastique de 5 mm
- électrodes, fil de coton

Le coude du tuyau souple qui forme le siphon ne doit pas trop déformer les parois, au risque de faire obstacle au passage de l'eau. Il suffit de le tremper dans de l'eau chaude pour l'assouplir au moment de le couder (progressivement).

### Pluviomètre et enregistreur météo USB

Il nous a paru judicieux de combiner ce capteur inédit au célèbre **enregistreur météo USB de longue durée** [3] d'Elektor. Rappelons que cet enregistreur de données autonome est capable, avec une seule pile, d'accumuler quelque six à huit semaines de données fournies par des capteurs I<sup>2</sup>C de pression atmosphérique, température et humidité et de les afficher, à la demande, sur un LCD à deux lignes (**fig. 4**). Les résultats, collectés par l'intermédiaire d'un port USB, peuvent être représentés graphiquement sur un PC par un programme comme p.ex. GNUplot. Il existe désormais pour le micrologiciel de cet enregistreur une version [4] adaptée au pluviomètre décrit ici. Cette version ne gère pas les autres capteurs (température, humidité et pression). La sortie du comparateur de la fig. 2 est appliquée à la broche PC1 de l'ATmega168 de l'enregistreur. L'utilisation d'un module DCF pour chronodater les résultats est une option intéressante de l'enregistreur.

### Chasser les bulles

Le progiciel de l'enregistreur mémorise dans l'EEPROM l'heure et la date de chaque amorçage du siphon. L'état du capteur est examiné toutes les secondes. S'il coule de l'eau, un compteur est incrémenté ; s'il coule de la bière ou du champagne... oups, pardon ! Comme il se forme des bulles en fin de purge, une temporisation a été incorporée au logiciel pour éliminer les comptages intempestifs au moment du passage de ses bulles à la hauteur des électrodes. Si au bout de 10 s, ça coule toujours, l'heure et la date sont enre-



gistrées dans l'EEPROM. Ceci évite le comptage erratique de gouttes ou de filets d'eau égarés. Le laps de 10 s correspond à la capacité du réservoir de l'auteur et à la durée du siphonnage. Selon la taille de votre réservoir et la longueur des tuyaux, il faudra calculer, puis allonger ou raccourcir ce délai de gargouillement.

Pour le reste, le fonctionnement de l'enregistreur météo USB est inchangé. Il faut commencer par lui donner l'heure et la date, soit à la main, soit avec un module DCF. Ensuite l'afficheur indique sur la première ligne l'heure et le nombre d'amorçages (N= xxx) et la date sur la deuxième ligne. Dès que le capteur détecte un siphonnage, l'afficheur indique sur la 2<sup>e</sup> ligne le message *Flushing* (=glouglou) suivi de la durée de l'opération en cours. Après 10 s, date et heure de l'opération en cours sont enregistrées dans l'EEPROM, mais le compteur ne s'arrêtera pas tant qu'il coulera de l'eau. En cas de court-circuit des électrodes, rien n'est prévu pour arrêter le compteur. Il ne se passera donc rien tant que ce court-circuit persistera.

Appuyez sur S1 (bouton de gauche) pour demander une nouvelle session d'enregistrement, puis sur S2 pour confirmer... ou sur S3 pour revenir à la session en cours... ou sur S1 pour accéder au menu de la liaison USB avec le PC. Sur l'ordinateur, il suffit d'un programme de terminal comme *Hyperterminal*, avec les paramètres suivants : 9600, N, 8, 1, *no flow control*. Tapez 'h' + ENTRÉE dans le programme de terminal pour obtenir les informations suivantes :

- h** (help) aide
- a** lecture du nombre d'amorçages, date et heure courantes
- c** (clear) initialisation, nouvelle session
- p** (print) transmission au PC de tous les événements enregistrés
- x** (exit) interruption de la liaison série, poursuite de l'enregistrement

Appuyez trois fois de suite sur S1 pour voir se succéder les événements enregistrés toutes les 2 s sur la 2<sup>e</sup> ligne de l'afficheur.

(120554)



Figure 3.  
Ce sont les deux électrodes à la sortie du siphon qui détectent la purge.

### Liens

- [1] [www.elektor-projects.com/node/2574](http://www.elektor-projects.com/node/2574)
- [2] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pluviomètre>
- [3] enregistreur météo USB, Elektor n° 399 sept. 2011 [www.elektor-magazine.fr/100888](http://www.elektor-magazine.fr/100888)
- [4] *firmware* [www.elektor-magazine.fr/120554](http://www.elektor-magazine.fr/120554)

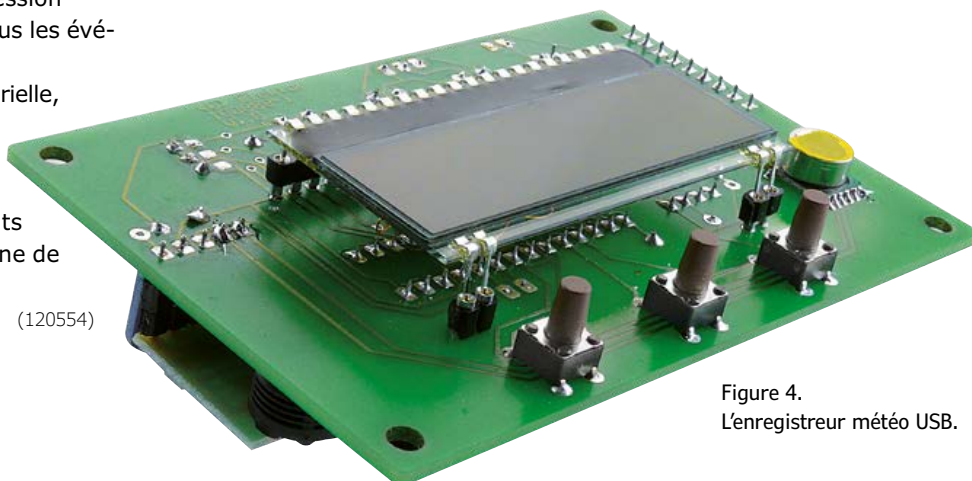


Figure 4.  
L'enregistreur météo USB.

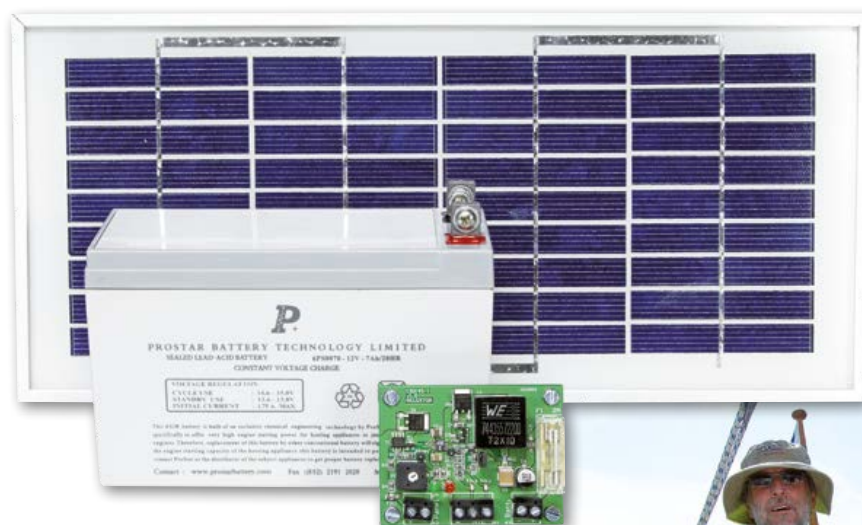


# chargeur 2 A avec régulateur MPP

## presse le soleil jusqu'au dernier rayon

Les propriétaires de camping-cars ou de bateaux songent souvent à utiliser un panneau solaire pour garder leur batterie en charge. La surface d'un toit de camping-car le permet, mais les bateaux de plaisance offrent moins d'espace. Les panneaux doivent en outre être orientés vers le soleil, et rien ne doit les

ombrager sous peine de voir leurs performances diminuées. Comment donc extraire la puissance maximale d'un panneau solaire ? Quelques réponses ici.



**Anders Gustafsson**  
(Finlande)



Un panneau photovoltaïque (PP) est assimilable à une source de courant en parallèle avec une diode. La courbe rouge de la **figure 1** montre la réponse U/I d'un panneau particulier. La puissance correspondante (courbe bleue) atteint un maximum dans la région des 16 V (courbe bleue). Cette courbe caractéristique est typique des PP vendus dans le commerce comme des « 12 V ». Ils présentent souvent une tension de court-circuit (à vide) de 20 à 25 V, et un pic de rendement énergétique vers 16 ou 17 V. Ce point est appelé point de puissance maximale, ou MPP (*Maximal*

*Power Point*). Certains dispositifs sont conçus pour suivre automatiquement ce MPP de façon électronique et/ou mécanique.

### Une astuce bien au point

Pour charger en toute sécurité un accumulateur au plomb de 12 V, la tension du PP doit être abaissée entre 12 et 14,4 V, selon la charge de l'accu. Dans le passé, cette baisse était souvent obtenue à l'aide d'un rhéostat en série, mais trop de puissance était gaspillée de cette façon. C'est avec un convertisseur à découpage qu'on



récupère le maximum de puissance : on baisse la tension, idéalement sans pertes (l'intensité augmente), et on règle de façon à ce que la tension du panneau soit maintenue au point de puissance maximale. On peut ainsi extraire du même panneau 10 à 30 % de charge supplémentaire. Les chargeurs à MPP optimisés que l'on trouve dans le commerce mesurent en permanence la puissance de sortie pour réguler leur fonctionnement. Ils sont hélas assez chers, mais une astuce permet de s'en passer. Le MPP des panneaux solaires ne dépend en effet que très peu de l'intensité lumineuse reçue. Il suffit donc de déterminer une seule fois le MPP d'un panneau (de le mesurer ou de consulter les caractéristiques du fabricant), puis de régler le comportement du chargeur sur ce point.

### PP au biberon LT3652

Le LT3652 de *Linear Technology* [1] m'a permis de construire un chargeur élaboré avec un minimum de composants externes. Le chargeur comporte trois étages, accepte des tensions jusqu'à 32 V, et son intensité de charge peut aller jusqu'à 2 A. Le LT3652 lance une charge rapide à 2 A max. avec une caractéristique CC/CV (*Constant Current/Constant Voltage*) de 14,4 V max., puis commute sur le mode d'entretien de 13,5 V. Il ajuste aussi la tension d'entretien en fonction de la température de l'accu.

Le graphique de la **figure 2** montre la tension d'une batterie échantillonnée toutes les 30 s pendant 1 h. Une charge est d'abord reliée à la batterie. La tension chute alors sous 12,5 V. Lorsque la charge est retirée après environ cinq minutes, la tension grimpe jusqu'à 14,4 V tandis que le courant de charge atteint un pic de 1,8 A. La batterie est complètement chargée au bout d'une vingtaine de minutes. Le courant de charge chute alors à moins de 200 mA, et la charge d'entretien est maintenue juste au-dessus de 13,5 V.

### Schéma

Les câbles + et - du panneau solaire sont reliés au bornier K2 (**fig. 3**). Câblée seule, la tension de seuil de la diode Schottky D1 (protection contre l'inversion de polarité) dissiperait environ 1,2 W à 2 A. La présence d'un transistor MOSFET à canal P (T1) en parallèle est donc nécessaire. Lorsque le LT3652 (IC1) charge, il tire sa sortie  $\overline{\text{CHRG}}$  (broche 4) au niveau bas. T1 devient donc conducteur et court-circuite D1. L'ajustable P1 du diviseur de tension permet de régler le MPP du panneau.

## Caractéristiques

- pour panneau solaire de 12 V (nominal) ( $V_{\text{à vide}}$  20 à 25 V)
- intensité de charge max 2 A
- rendement de 87 à 90 %
- réglable en fonction de la tension MPP du panneau
- sélecteur gel / non-gel selon le type de batterie 12 V
- régulateur à découpage LT3652 spécial charge d'accus
- CI optimisé pour la dissipation thermique et les perturbations RF
- LED témoin ERREUR et CHARGE
- sans microcontrôleur
- surveillance de température par CTN externe

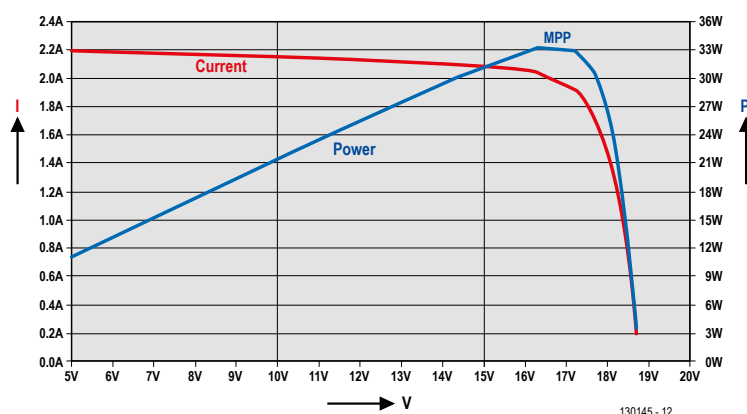


Figure 1. Tracer la courbe de réponse U/I d'un panneau solaire permet de déterminer simplement cette « zone idéale » qu'est le MPP.

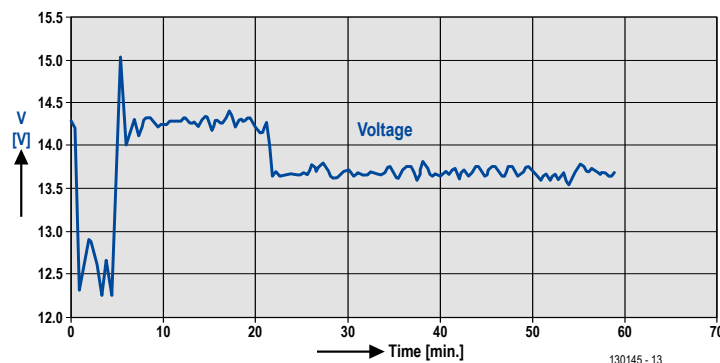


Figure 2. Courbe de tension d'une batterie de 12 V de camping-car, couvrant la mise en charge, la charge complète et la charge d'entretien.





## Chaud dessus !

Avec un courant de sortie permanent de 2 A, le circuit chauffe. Les pertes de puissance sont dues en grande partie à la résistance à l'état passant de  $0,175 \Omega$  du transistor commutateur du LT3652. Ce composant a donc une plage de refroidissement dont les vias conduisent l'excès de chaleur jusqu'au plan de cuivre inférieur. Ici une plus grande ouverture dans le masque de soudure permet d'améliorer la dissipation. Vous pouvez p. ex. placer un petit barreau d'aluminium entre le CI et le boîtier d'aluminium, qui fera alors office de dissipateur supplémentaire pour IC1. En son absence, et avec un circuit posé sur notre paillasse à température ambiante, nous avons mesuré  $75^\circ\text{C}$  sur IC1. La jonction d'IC1 sera encore plus chaude. Un dissipateur de plus ne sera pas un luxe si le CI est placé dans un boîtier soumis à des températures ambiantes élevées. Pour le barreau, nous suggérons  $5 \times 10 \text{ mm}$ . L'épaisseur dépend des composants traversants qui dépassent de la face inférieure. Gardez aussi courtes que possibles les extrémités de leurs pattes, et assurez-vous que le barreau ne forme pas de court-circuit avec les connexions adjacentes (en particulier avec les plots de TP2) ; veillez aussi à ce que les traversants ne touchent pas le boîtier. Fixez le barreau avec de la colle thermique, ou mettez de la pâte thermique entre le barreau et le CI, et collez les coins.

Réglez-le de façon à ce que la broche VIN\_REG du LT3652 voie une tension de 2,7 V sous la tension  $V_{\text{MPP}}$  souhaitée. La tension de sortie chute lorsque trop de courant circule ; le LT3652 réduit alors son courant de sortie. Autrement dit, il asservit la tension, c.-à-d. s'efforce de la maintenir stable à  $V_{\text{MPP}}$ .

La tension d'entretien de 13,5 V est déterminée par le diviseur composé de R9, R10, R11, R12 et de la CTN (thermistance à Coefficient de Température Négatif) reliées à K1. La CTN est l'élément variable : sa résistance baisse lorsque sa température augmente. Pour un accu au plomb typique, la charge d'entretien varie de 14,6 V à

## Un panneau et un homme bien éclairés

Ton Giesberts, vétéran du labo Elektor, s'est longuement interrogé sur la conception du chargeur et sur ses performances théoriques, notamment sur les pertes dans le noyau de L1. Même si une fréquence de découpage de 1 MHz entraîne des pertes plus importantes avec un noyau plus large, les mesures ont montré que le rendement était satisfaisant.

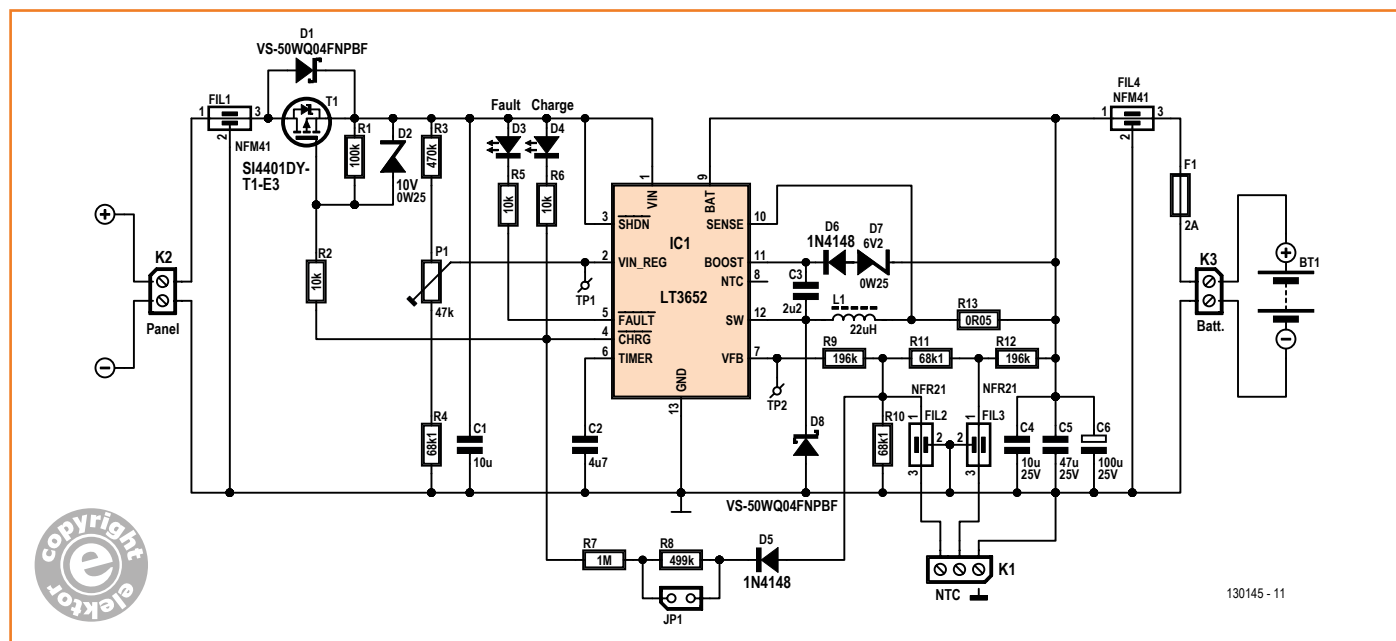
Ton a utilisé un modèle très simple de PP pour tester le circuit : une source de courant fort qui attaque des diodes de puissance reliées en série. La tension aux bornes des diodes représente celle délivrée par un vrai PP. Un circuit plus intelligent et plus compact a été réalisé avec plusieurs diodes 1N4148 en série, et la tension à leurs bornes a été amplifiée de façon à obtenir un régulateur série qui réduit la puissance dissipée en l'absence de charge.

La fiche technique d'un PP indique en général la tension à vide, le courant de court-circuit, la tension au point de puissance maximale, et le courant sous  $1000 \text{ W/m}^2$ . La tension à vide se règle avec P1. Ce que LT appelle *power tracking* est en réalité une régulation de la puissance de sortie du chargeur pour maintenir constante la tension d'entrée réglée par l'utilisateur lorsque la charge est (trop) élevée. Autrement dit : le courant de sortie est réduit si le panneau ne peut pas délivrer la puissance nécessaire.

Si la puissance de sortie est moindre que celle que peut délivrer le PP, la tension d'entrée augmente au-delà du MPP défini. Sommes-nous donc bien en présence d'un système de poursuite du MPP ? Que devient la tension MPP du panneau si l'irradiation est bien plus faible (ou forte) que le niveau spécifié dans la fiche technique ?







-10 °C, à 13,2 V à 40 °C. La CTN gère ces différences ; elle maintient la pleine charge de la batterie, sans surcharge. Si aucune compensation de température n'est nécessaire, remplacez la CTN par une résistance de 22 kΩ et 1%. Pour que la tension d'entretien soit adaptée à la courbe de température, il faut une CTN de 22 kΩ

Figure 3. Schéma du chargeur à MPP. Le cœur du circuit est le régulateur à découpage LT3652 de *Linear Technology*. Notez les perles de ferrite (FILx) placées aux points critiques : elles minimisent les perturbations radioélectriques.

Figure 4. La carte conçue par Elektor tient compte de l'encombrement, des courants forts, des interférences à attendre d'une alim à découpage, des problèmes thermiques, et ne devrait émettre qu'un minimum d'interférences radio.

## Liste de composants

### Résistances

R1 = 100 kΩ 5% 0,125 W, CMS 0805  
R2, R5, R6 = 10 kΩ 5% 0,125 W, CMS 0805  
R3 = 470 kΩ, 1% 0,1 W, CMS 0805  
R4, R10, R11 = 68,1 kΩ 1% 0,125W, CMS 0805  
R7 = 1 MΩ 5% 0,125 W, CMS 0805  
R8 = 499 kΩ, 1% 0,125 W, CMS 0805  
R9, R12 = 196 kΩ 1% 0,125W, CMS 0805  
R13 = 0.05Ω 1% 1 W, CMS 1206  
P1 = 47 kΩ 20% 0,15 W, aj. hor.

### Condensateurs

C1 = 10 µF 50 V, +80%/-20%, CMS 1210, Y5V  
C2 = 4,7 µF 25 V, 10%, CMS 1210, X7R  
C3 = 2,2 µF 25 V, 10%, CMS 0603, X5R  
C4 = 10 µF 25 V, 10%, CMS 1206, X5R  
C5 = 47 µF 25 V 20%, CMS 2220, X7R  
C6 = 100 µF 25 V 20%, radial CMS

### Semi-conducteurs

D1, D8 = VS-50WQ04FNPBF, CMS D-PAK  
D2 = BZX84-B10, 215, CMS SOT-23  
D3 = LED, rouge, 3 mm, traversante  
D4 = LED, verte, 3mm, traversante  
D5, D6 = 1N4148, CMS SOD-123F  
D7 = BZX84-B6V2, CMS SOT-23

IC1 = LT3652EMSE#PBF, CMS 12MSOP  
T1 = SI4401DY-T1-E3, CMS SO-8

### Inductances/filtres

FIL1, FIL4 = NFM41PC-204F1H3L (Murata)  
FIL2, FIL3 = NFR21G-D4702202L (Murata)  
L1 = 22 µH 11 A, 20%, 14,6 mΩ (Würth Elektronik 74435572200)

### Divers

F1 = fusible 2 A (T), 5 x 20 mm, avec support encartable et capot  
JP1 = embase à 2 picots au pas de 2,54 mm et cavalier  
K1 = domino à 3 contacts, au pas de 5 mm  
K2, K3 = bornier pour CI à deux voies, au pas de 5 mm  
TP1, TP2 = broche de test  
boîtier : Teko 2/A.1, aluminum, 57,5 x 72 x 28 mm  
circuit imprimé 130145-1 v1.1 [1]

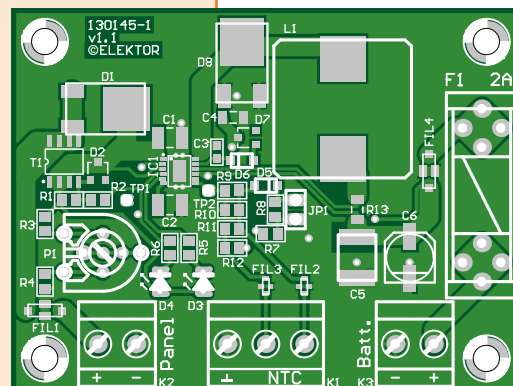






Figure 5.  
D'accord, vu comme ça, mon chargeur n'a pas l'air parfait, mais sur mon bateau il fonctionne parfaitement.

Tableau 1. Performances mesurées au labo (avec une CTN de 22 kΩ)

$V_{in}[V]$	$I_{in}[A]$	$V_{out}[V]$	$I_{out}[A]$	$P_{in}[W]$	$P_{out}[W]$	Rendement (%)
16	1,004	9,8	1,466	16,064	14,469	90,07
16	1,004	10,77	1,35	16,064	14,54	90,51
16	1,002	11,60	1,25	16,032	14,5	90,44
16,97	0,903	13,95	1,00	15,323	13,95	91,03
18,3	0,64	13,97	0,75	11,712	10,478	89,46
18,95	0,4	13,99	0,47	7,58	6,617	87,30

avec un  $B$  de 3380. De telles CTN sont difficiles à trouver, donc utilisez éventuellement deux CTN Murata (NTSD0XH103FE1B0) de 10 kΩ en série et une résistance de 2 kΩ et 1 %.

Lorsque le LT3652 effectue la charge et que le cavalier JP1 est placé, R10 est en parallèle avec R7, ce qui met la tension sur 14,4 V. Si JP1 n'est pas placé, la tension de charge maximale est de 14,1 V, comme l'exigent certaines batteries, en général du type « gel ». Référez-vous aux spécifications du fabricant.

Avec sa fréquence de découpage de 1 MHz, le LT3652 est un redoutable brouilleur : testé en mer, le prototype a empêché la réception de tous les signaux VHF et FM ! Le chargeur final est beaucoup plus silencieux. Son circuit a été amélioré, et il possède un blindage ainsi que des filtres d'antiparasitage de Murata (FIL) en entrée, en sortie, et sur K1.

### Circuit imprimé

Le dessin du CI est critique puisqu'il s'agit ici d'un régulateur à découpage. Le CI conçu par le labo d'Elektor [2] (fig. 4) suit les recommandations de la fiche technique du LT3652 et utilise là où

il le faut des pistes larges. La plage de refroidissement du LT3652 doit être soudée sur une plage du CI. La dissipation se fait par un groupe de vias (voir aussi l'encadré Chaud dessus !) La face inférieure du CI doit être en contact thermique avec le boîtier métallique. J'ai monté le CI de mon chargeur sur des douilles-entretoises en plastique et placé une plaque d'aluminium sous le CI. Notez qu'en cas de surchauffe le thermomètre intégré du LT3652 baisse l'intensité de la charge. S'il vous faut plus de puissance, placez un chargeur par panneau supplémentaire et mettez les sorties en parallèle !

### Rendement

Plusieurs facteurs contribuent aux pertes du circuit. Certains nous échappent, p. ex. les pertes dues à la résistance  $R_{DSon}$  de T1, environ 40 mW. Pas grand chose à faire non plus pour la tension de seuil du LT3652, ni pour les pertes dans D8. D'autres pertes peuvent être maîtrisées, comme celles par effet Joule dans L1, une bobine capable d'absorber... 11 A. Excessif ? Une bobine de 2,1 A aurait certes fait l'affaire, mais sa résistance en série aurait été de 170 mΩ, contre 14,6 mΩ pour la bobine de 11 A. La petite bobine aurait donc dissipé près de 0,7 W à 2 A, alors qu'ici nous ne perdons que 46 mW. Autre facteur sous notre contrôle, les pertes par effet Joule dans les condensateurs de sortie C4, C5 et C6. Ils devraient être choisis pour leur capacité à conduire des courants forts et leur faible ESR. Que le soleil vous suive partout !

(130145 – version française : Hervé Moreau)

## Autres mesures

### Sans cavalier JP1 :

- la charge s'arrête à 14 V (14,35 V si le CI est chaud) ;
- la charge reprend lorsque la tension chute à 13,9 V ;
- après mise sous tension, avec une charge résistive sur la sortie : 2 V en sortie (0,3 A) jusqu'à ce que la tension atteigne 9,5 V (0,28 A à 9,0 V), puis la tension et le courant montent à 9,8 V et 1,44 A.

### Cavalier JP1 placé :

- la charge s'arrête à 14,2 V (14,56 V si le CI est chaud) ;
- la charge reprend lorsque la tension chute à 13,9 V ;
- après mise sous tension, avec une charge résistive sur la sortie : 2 V en sortie (0,3 A) jusqu'à ce que la tension atteigne 9,7 V (0,28 A à 8,6 V), puis la tension et le courant montent à 9,88 V et 1,43 A.

### Liens

[1]. [www.linear.com/product/LT3652](http://www.linear.com/product/LT3652)

[2]. [www.elektor-magazine.fr/130145](http://www.elektor-magazine.fr/130145)



# WIZnet CONNECT THE MAGIC 2014 DESIGN CHALLENGE

LAUNCH: MARCH 3 / DEADLINE: AUGUST 3

## Your mission?

Join the IoT revolution by designing an innovative 'Net-enabled electronics system using WIZnet's WIZ550io Ethernet module or W5500 chip.

Your reward? **A share of \$15,000 in cash prizes** and worldwide recognition from WIZnet, Circuit Cellar, and Elektor!

Anyone with a WIZ550io Ethernet module or W5500 smart Ethernet chip is encouraged to participate. WIZnet is providing 2,000 complimentary WIZ550io Ethernet modules for all those who qualify! Requests are served on a first come, first served basis while supplies last. The competition starts on March 3, 2014 at 12:00 PM EST and ends on August 3, 2014 at 12:00 PM EST. Get started today!

**[www.circuitcellar.com/wiznet2014](http://www.circuitcellar.com/wiznet2014)**

WIZnet's WIZ550io module is a complete Ethernet solution that includes the W5500 smart Ethernet chip (10/100 MAC/PHY, hardware TCP/IP, 32KB RAM buffer) and network interface (transformer and RJ-45) along with built-in MAC and default IP addresses.

For technical support: [wizwiki.net/forum](http://wizwiki.net/forum)

To purchase: [shopwiznet.com](http://shopwiznet.com) or [shop.wiznet.eu](http://shop.wiznet.eu)

POWERED BY



circuit cellar



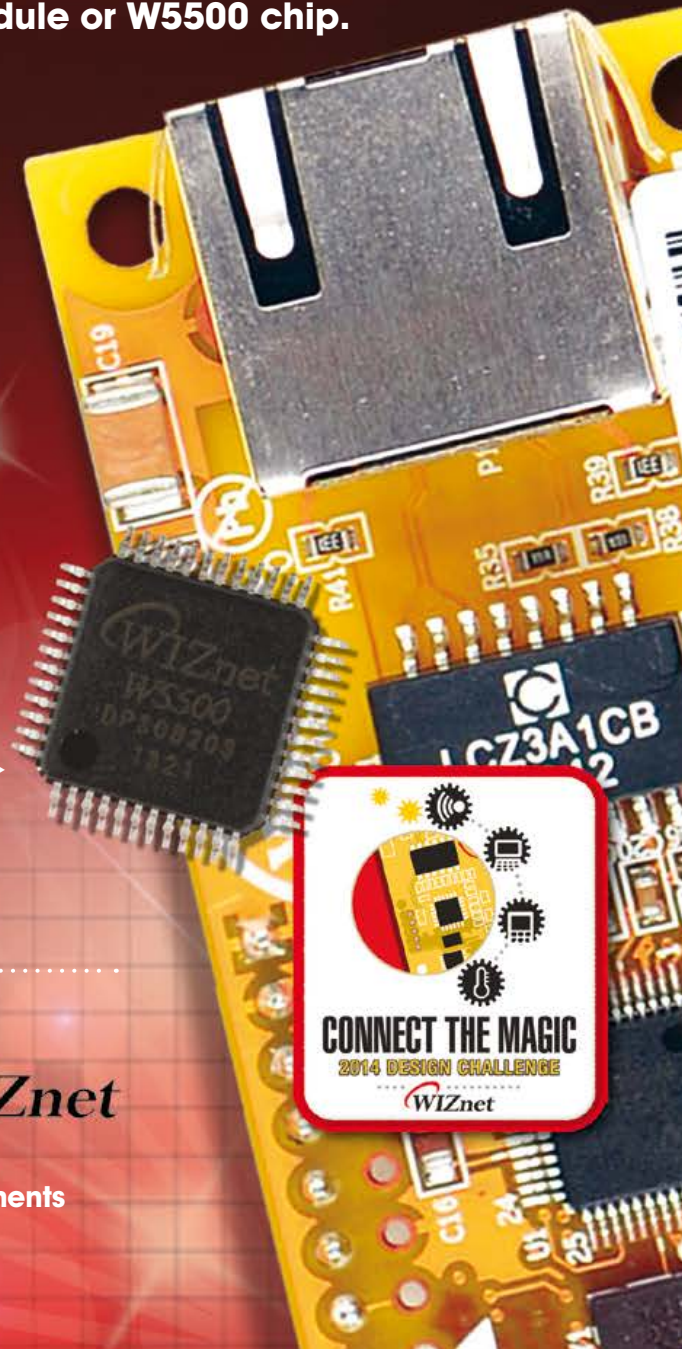
elektor



WIZnet



Sign up for CC.Post to receive announcements and notifications!







# 8<sup>e</sup> jour – contours personnalisés

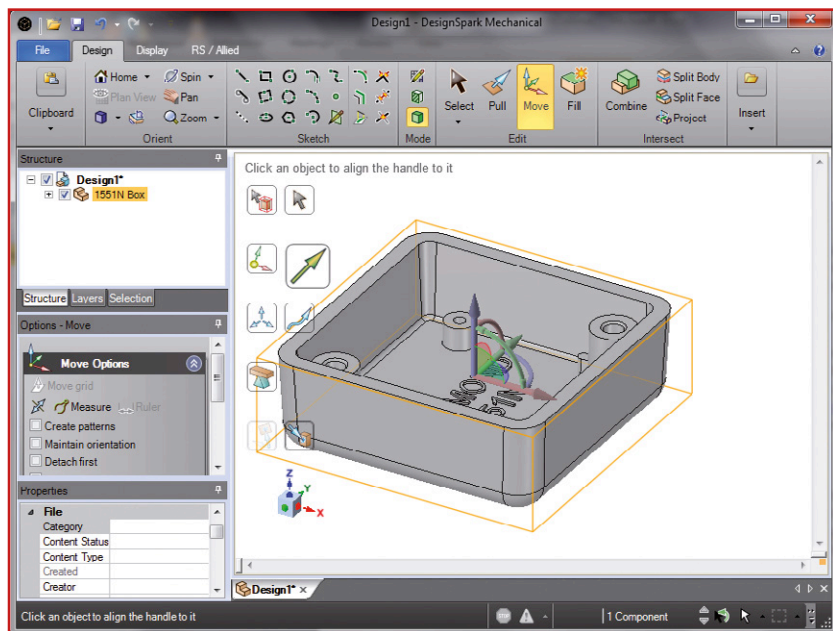
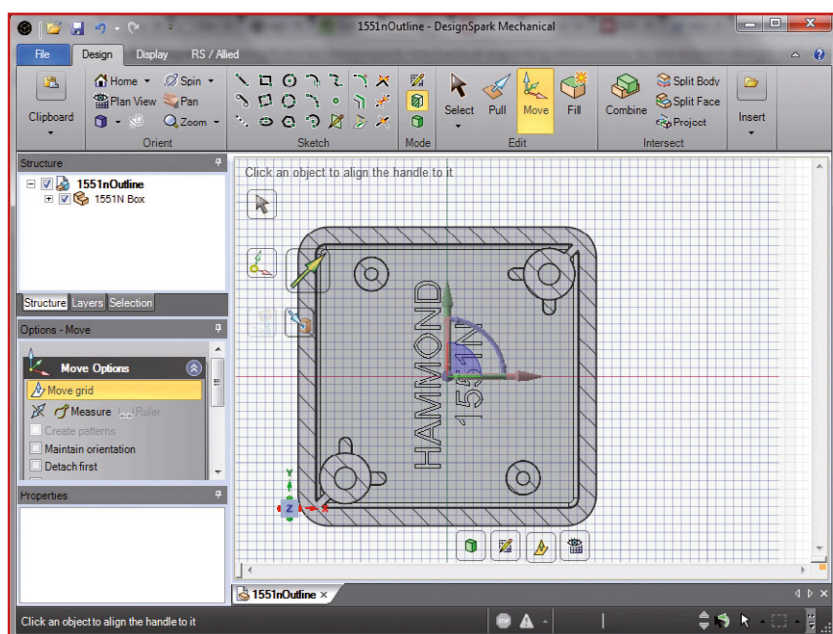


Figure 1. Résultat de l'importation dans *DesignSpark* des fichiers STEP du boîtier Hammond 1551N.

Figure 2. *DesignSpark Mechanical* crée une vue en coupe du boîtier.



Neil Gruendig (Canada)

La dernière fois, j'ai utilisé un contour rectangulaire, facile à dessiner.

Aujourd'hui nous allons créer un contour de carte pour un boîtier *Hammond Manufacturing 1551N* à l'aide de *DesignSpark Mechanical* puis l'importer dans *DesignSpark PCB*.

Le fichier PDF fourni par *Hammond* pour le boîtier 1551N comprend un dessin de contour de carte [1], mais nous allons plutôt utiliser les fichiers STEP pour dessiner notre propre contour en suivant le tutoriel *DesignSpark Mechanical* adéquat [2].

## Création d'un contour de C.I.

La première étape consiste en l'importation des fichiers STEP du boîtier dans votre projet *DesignSpark Mechanical* en cliquant sur l'icône *Design→Insert→File* de la barre d'outils. La boîte de dialogue d'ouverture de fichier qui apparaît vous permettra de sélectionner le fichier à importer dans votre projet. Par défaut, la boîte de dialogue ne fera apparaître que les fichiers *DesignSpark Mechanical* (\*.rsdoc) et il faudra donc choisir d'afficher les fichiers STEP (\*.step) afin qu'apparaissent les fichiers de modèle pour notre boîtier (fig. 1).

Suivez maintenant les instructions du tutoriel *DesignSpark* pour obtenir une vue en coupe (fig. 2).

Les petites entretoises servent à fixer le circuit imprimé, les grosses sont pour le couvercle. L'étape suivante consiste à créer un dessin en 2D du boîtier à la hauteur des entretoises de montage. Le tutoriel *DesignSpark* vous dira de créer un nouveau composant pour le contour



du C.I. puis de faire, en mode *Project to sketch*, une sélection par bloc de la surface du C.I. Après avoir créé le composant de contour, il est très important de faire du projet (*1551nOutline* ici) le composant actif en cliquant avec le bouton droit puis en sélectionnant *Activate Component*. Le processus de sélection de l'étape suivante ne sélectionnera que les bords et les surfaces actives dans la hiérarchie de composants, c'est pourquoi il ne faut surtout pas oublier d'activer la totalité du projet faute de quoi vous ne pourrez rien sélectionner dans les étapes suivantes.

Ce que le tutoriel veut dire par sélection par bloc de la surface du C.I., c'est qu'il vous faudra cliquer puis étendre le rectangle de sélection afin qu'il contienne totalement l'intérieur du boîtier. J'ai cliqué au milieu du coin supérieur gauche puis j'ai fait glisser le pointeur jusqu'au milieu du coin inférieur droit. Cela sélectionnera tous les bords et points du projet et les rendra disponibles dans le plan *sketch* qui ici correspond au plan dans lequel notre C.I. sera en contact avec les entretoises de montage. Faites-le en mode *Plan View* : le résultat donné par *DesignSpark Mechanical* serait différent si vous effectuiez la même sélection dans une vue en 3D. Une fois la surface sélectionnée, vous verrez un composant *Curves* ajouté au projet sur lequel vous pourrez cliquer et que vous pourrez faire glisser sur le composant de contour du C.I. comme expliqué dans le tutoriel.

Arrivé là, vous devriez être en mesure d'ouvrir, d'un clic droit, le composant de contour de C.I. puis en choisissant *Open Component*. Si l'option est grisée, c'est que vous devez enregistrer puis rouvrir le fichier. Le contour que vous ouvrirez sera une représentation en 2D de la surface du C.I., mais il inclura également tous les bords et surfaces de bas en haut du boîtier ; en clair vous verrez sans doute beaucoup plus de lignes que ce à quoi vous vous attendez. Un petit truc que j'utilise est d'ouvrir le modèle en 3D, trouver où se coupent la vue de la surface du C.I. et les côtés du boîtier, puis double-cliquer sur cette ligne pour changer sa couleur en quelque chose de visible. Heureusement si vous changez la couleur dans la vue en 3D, elle changera aussi dans le modèle de contour du C.I. (**fig. 3**).

Ici la ligne verte montre clairement le plan du contour du C.I. et facilite la distinction des autres lignes dans la vue du contour du C.I.

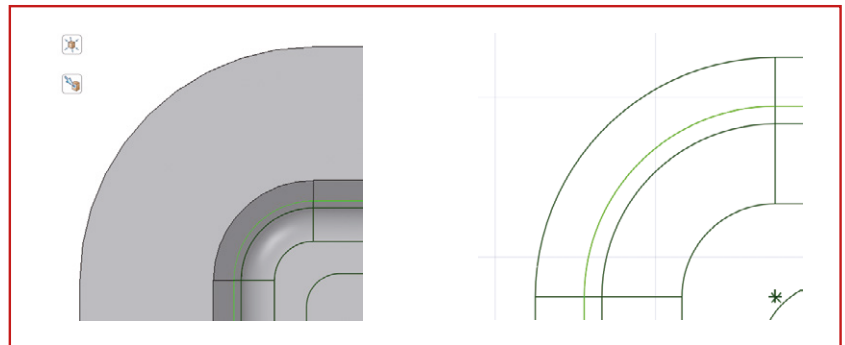


Figure 3. Le contour du C.I. est bien visible grâce à la ligne verte.

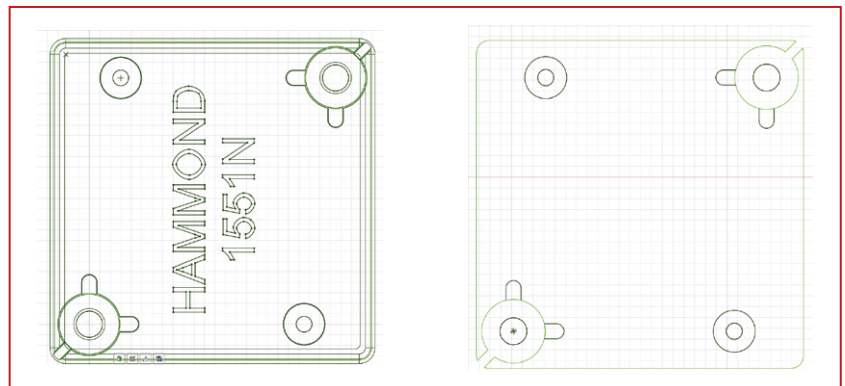


Figure 4. Le contour brut de gauche est nettoyé jusqu'à obtenir la version que vous voyez à droite.

Il faut maintenant éditer la vue du contour pour qu'elle n'inclue que les contours du C.I. ; en d'autres termes, il faut effacer la plupart des lignes qui ne sont pas vertes (**fig. 4**). Cela se fait à l'aide de l'outil *Trim Away* et en effaçant les lignes superflues. Utilisez l'outil de rognage pour modifier les lignes (le segment qui serait effacé en cliquant est mis en surbrillance lorsque vous passez la souris dessus). Vous pouvez sinon faire des sélections par bloc de surfaces puis les effacer. J'ai trouvé que les sélections par bloc fonctionnaient mieux en mode 3D qu'en mode *Plan View*.

Vous remarquerez que j'ai conservé les entretoises. Il nous reste à éditer le contour pour l'adapter aux entretoises de montage du couvercle et pour laisser entre les côtés du boîtier et le C.I. une marge qui permettra de s'accommoder des tolérances de fabrication.

J'ai choisi de laisser 0,4445 mm entre les côtés du



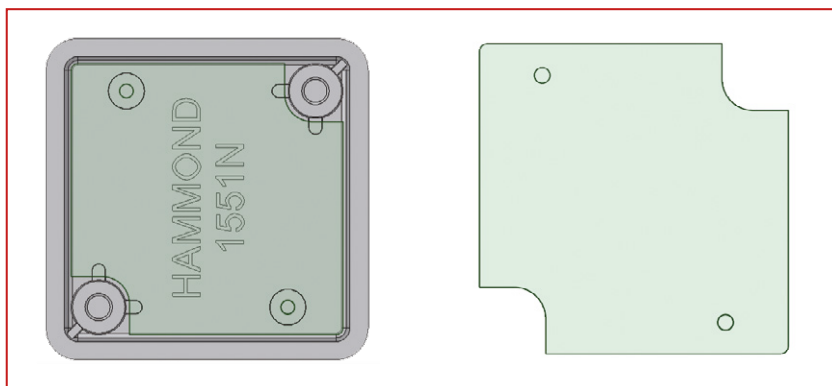


Figure 5. Créer des coins arrondis sur C.I. est une promenade de santé.

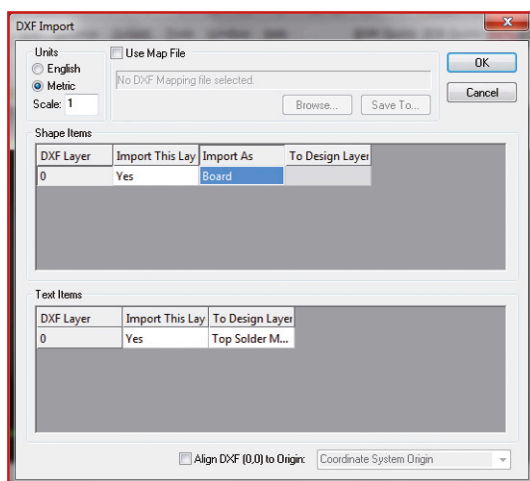


Figure 6.  
Importation du contour  
dans *DesignSpark PCB*.

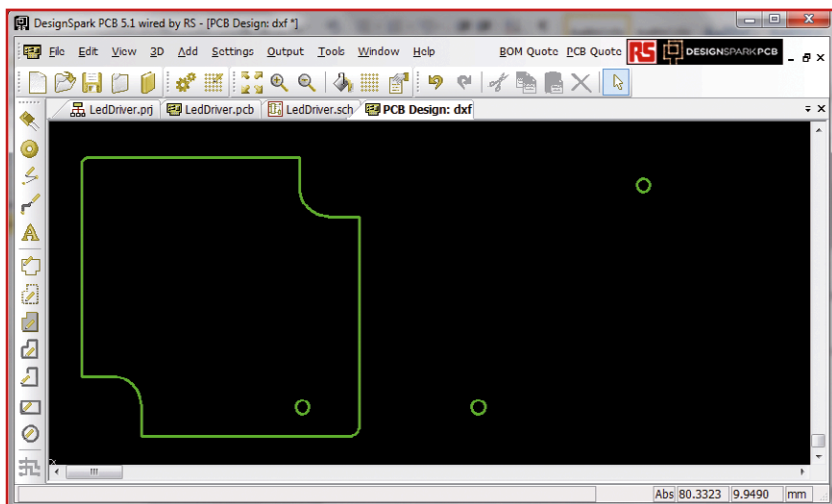


Figure 7. Le contour de carte avec coins arrondis dans *DesignSpark PCB*. Les trous de montage mal placés seront corrigés la prochaine fois.

boîtier afin que la carte soit un carré de 29,5 mm de côté. J'ai tout d'abord rendu le C.I. carré en utilisant l'outil *Create Corner* pour effacer les coins arrondis. Cela facilite la modification du contour : *DesignSpark* n'a pas à se casser la tête pour que les coins arrondis restent reliés. J'ai ensuite utilisé l'outil de déplacement pour déplacer de 0,4445 mm vers le centre chacun des bords en utilisant la barre d'espace tout en déplaçant la ligne afin que je puisse saisir les dimensions exactes que je voulais. Puis, j'ai dessiné des carrés de 6,34 mm de côté dans les coins inférieur gauche et supérieur droit autour des entretoises de montage du couvercle. Ensuite j'ai utilisé l'outil de rognage pour supprimer les lignes indésirables, puis l'outil *Create Rounded Corner* pour (re)créer les coins arrondis (**fig. 5** dans le boîtier et en dehors).

Il ne reste plus qu'à enregistrer le contour du C.I. au format DXF que l'on pourra importer dans *DesignSpark PCB* en choisissant, depuis la fenêtre du composant de contour de C.I., l'option *File→Save As* du menu puis en sélectionnant le format DXF.

### Importation du contour

Nous avons créé notre contour de C.I., il reste à l'importer dans *DesignSpark PCB*. Créez un nouveau fichier de C.I. puis choisissez l'option *File→Import*. Après avoir choisi le fichier DXF, vous verrez la fenêtre d'importation de DXF (**fig. 6**). Sélectionnez les unités métriques puis changez le champ *Import As* pour *Board*. Après avoir cliqué sur OK, vous verrez le contour de la carte avec les trous de montage au mauvais endroit (**fig. 7**) ; nous corrigerons ça la prochaine fois et nous ajouterons des zones d'exclusion pour les entretoises de montage.

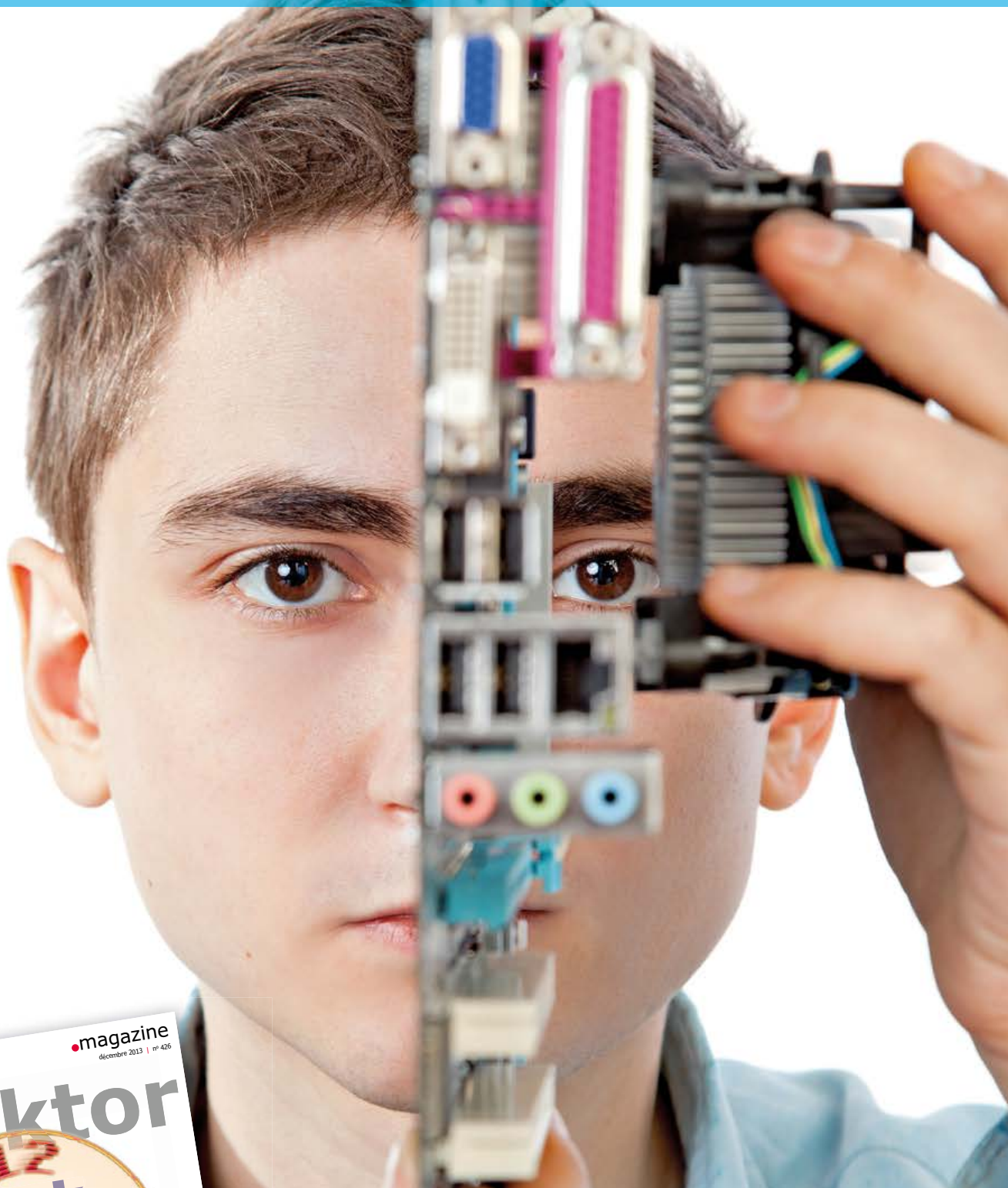
(130360 – version française : Kévin PETIT)

### Liens

- [1] Données de conception du boîtier Hammond 1551N : [www.hammondmg.com/dwg9.htm](http://www.hammondmg.com/dwg9.htm)
- [2] Tutoriel d'export DesignSpark Mechanical [www.designspark.com/eng/tutorial/designspark-mechanical-exporting-dimensions-to-electronics-design-software](http://www.designspark.com/eng/tutorial/designspark-mechanical-exporting-dimensions-to-electronics-design-software)



le XXI<sup>e</sup> siècle vient seulement de commencer



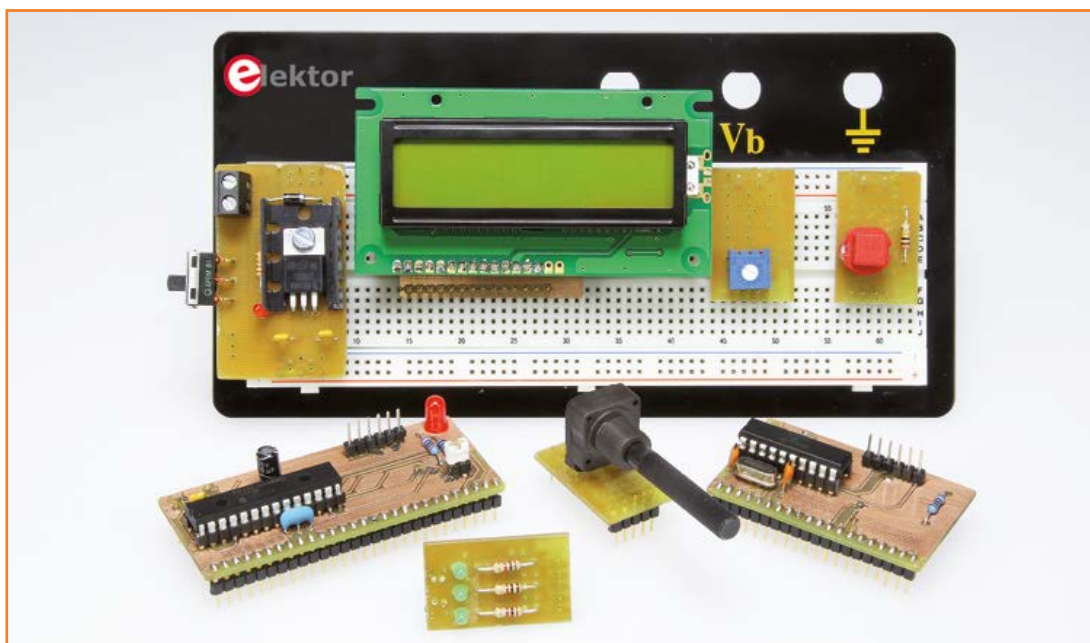
explorez l'électronique,  
lisez **elektor**

[www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo)



# mini-modules pour plaque d'essai alim, LED, poussoir, PIC ou LCD...

Jennifer Aubinais  
(Paris) [1]



J'apprécie les plaques d'essai sans soudure, sauf quand il faut assembler pour la nième fois la même partie de circuit, l'alimentation à 5 V et son découplage ou le microcontrôleur, par exemple. J'en ai donc fait des modules enfichables directement sur la plaque. Du coup, neuf fils me suffisent pour réaliser un voltmètre à PIC et écran LCD !

Un bloc d'alimentation avec un 78xx, ses condensateurs et des témoins à LED reviennent sans cesse dans toutes nos expérimentations. Quel soulagement d'avoir sous la main un bloc tout préparé qu'il suffit d'enficher. Et tous ces composants dont les broches sont trop grosses pour les trous et risquent d'abîmer la plaque, les boutons poussoirs par exemple, ou ce potentiomètre à connecter par fils volants qui va pendouiller lamentablement à côté du prototype. Une bonne fois pour toutes, soudez-les sur le circuit imprimé d'un mini-module conçu pour ça, que vous munirez de picots à l'écartement voulu.

Ah ! Parlons-en, de cet écartement ! Vous pensiez sans doute qu'il serait standard pour toutes les

plaques ? Nous aussi. Eh bien, détrompez-vous. En préparant ces modules et en faisant des essais avec diverses plaques, il est apparu, à notre plus grande surprise, que selon leur origine, elles présentaient des différences gênantes. Nous y reviendrons quand nous aborderons la fabrication des modules, mais faisons d'abord les présentations.

Pour commencer, j'en propose cinq ici, mais nul doute qu'il y en aura bientôt d'autres. C'est surtout l'intérêt que *vous* témoignerez à ces outils destinés à faciliter l'expérimentation qui décidera de la suite à donner à cet article.

Voici le module le plus indispensable.



### Module d'alimentation (simple face)

Avez-vous besoin de 5, 6, 8, 9, 10, 12 V ou plus sur la plaque d'essai ? Choisissez le bon module à enficher (**fig. 1**), équipé d'un régulateur 78xx en boîtier TO-220 de la tension adéquate. Il a déjà les deux condensateurs de 100 nF pour assurer sa stabilité plus une diode 1N4004 pour éviter l'inversion de polarité. Sur le prototype, j'ai ajouté un interrupteur et un témoin à LED pour savoir quand ça marche.

Il n'y a pas de condensateur réservoir (électrolytique) sur ce module. Comme source, utilisez de préférence une alimentation stabilisée, comme dans tout laboratoire bien équipé. Avec un bloc secteur ordinaire, vous n'avez généralement pas de courant continu, mais pulsé, alors il faut brancher en parallèle un condensateur réservoir, pour qu'il maintienne à tout moment la tension minimale requise à l'entrée du régulateur. La dernière limite, c'est sur le domino K1, mais il est souvent possible de « distraire » deux rangées dans le champ de la plaque pour y insérer un condensateur électrolytique d'au moins 10  $\mu$ F, tension de service selon la source utilisée en respectant bien la polarité. On y raccorde la source et de là, on part sur le domino K1.

Les pastilles pour une prise K2 sont prévues après l'interrupteur pour fournir l'alimentation à un autre module. On peut ainsi imaginer d'y brancher, si nécessaire, p. ex. un régulateur de 3,3 V dont la broche du milieu est à la masse, comme le LF33 de *STMicroelectronics*. Les deux tensions seront alors commutées ensemble.

### Module polyvalent (simple face)

Introduire une résistance ou une LED dans la plaque d'essai n'est pas compliqué, mais il est tellement plus pratique de brancher et d'alimenter d'un coup un seul circuit (**fig. 2**) de trois LED avec leurs résistances série, un potentiomètre ou un bouton-poussoir avec résistance de rappel. C'est un circuit imprimé pour tous les goûts, vous y mettrez au choix :

- 3 LED reliées à la masse ; on en a toujours besoin, la résistance de 1 k $\Omega$  vaut pour une LED à faible courant et alimentée en 5 V
- un potentiomètre ajustable déjà relié à l'alimentation ; on peut choisir une autre valeur, mais 10 k $\Omega$  c'est presque universel
- un vrai potentiomètre avec axe, pour effectuer des réglages d'une seule main
- un bouton-poussoir, parce que ce genre de composant est souvent doté de broches

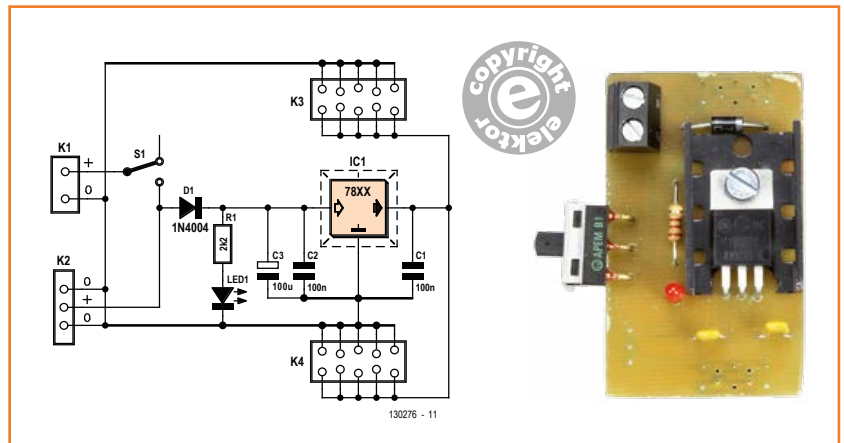


Figure 1. Schéma du module d'alimentation. Celui-ci fournit 5 V, puisqu'il est doté d'un 7805. Libre à vous de choisir un autre régulateur en fonction de vos besoins.

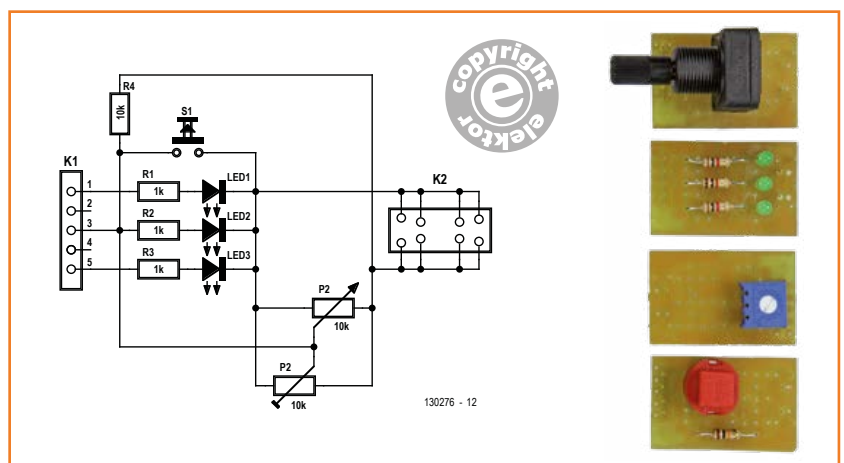
épaisses ou mal situées, malaisées à installer directement sur la plaque ; ici avec résistance de rappel au niveau haut et niveau bas quand on appuie

- et il y a encore des trous pour placer d'autres composants selon vos besoins et la possibilité de réaliser d'autres assemblages utiles.

### Module d'affichage LCD (simple face)

Sur un afficheur à cristaux liquides, on dénombre quantité de broches qui n'interviennent pas dans sa commande (**fig. 3**) : les entrées D0 à D3, elles vont à la masse ; il faut trois résistances pour les entrées E, R/W et RS, plus un poten-

Figure 2. Le circuit aux six accessoires : poussoir, LED et potentiomètres. Ces quatre (premiers) modules polyvalents nous débarrassent de la corvée de câbler des composants aux broches parfois incompatibles avec la plaque d'essai.





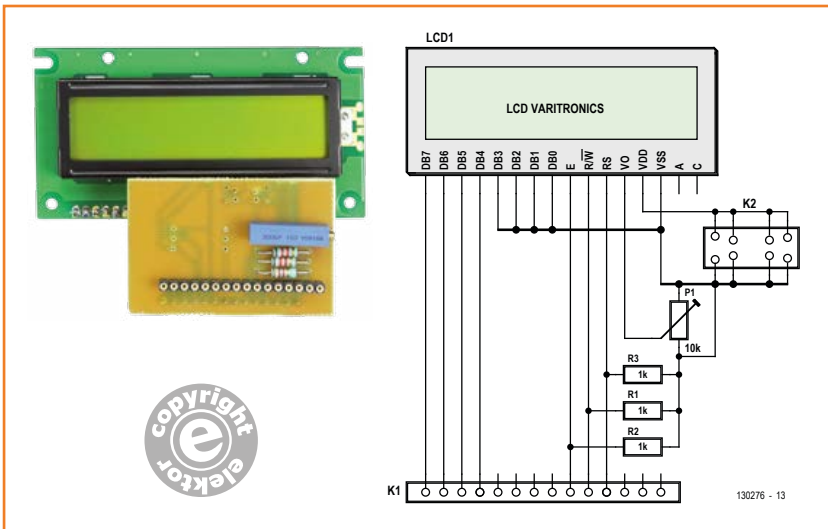
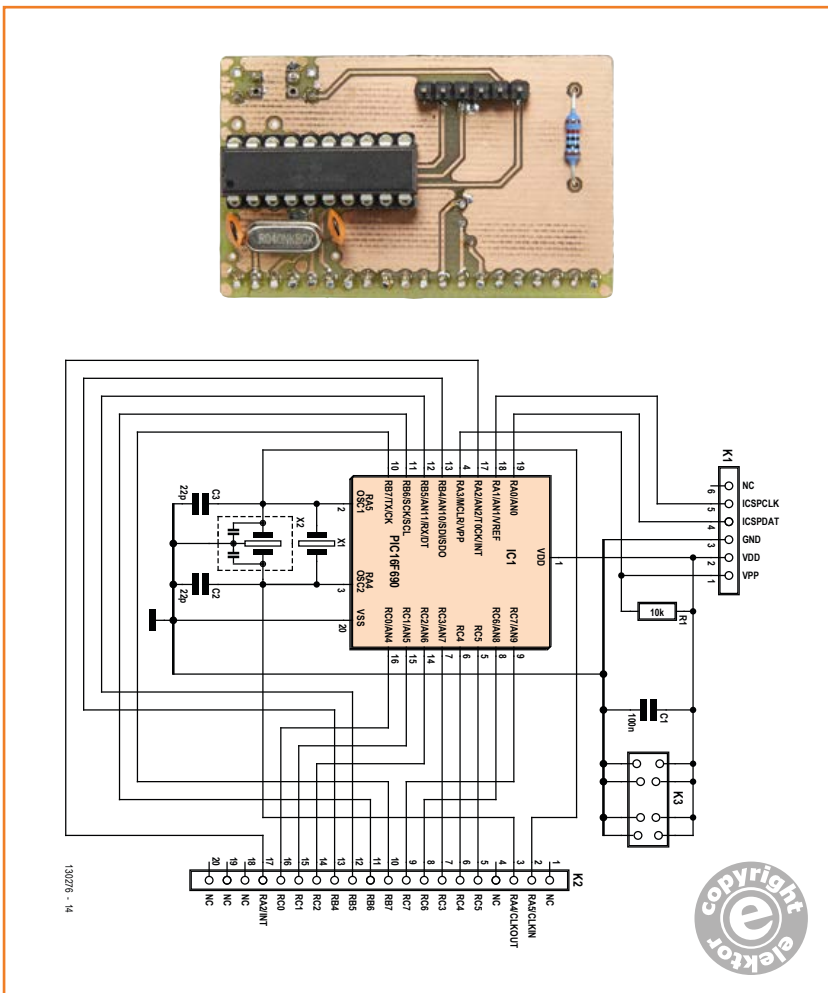


Figure 3. Le circuit de l'afficheur à cristaux liquides est monté en impériale sur ce mini-module qui ne compte que quatre composants. Le module d'affichage joue le rôle d'interface entre la plaque d'essai et le circuit LCD monté d'origine sur son propre circuit imprimé.



tiomètre pour régler le contraste. Finalement, seules 7 connexions sont utiles : E, RS, R/W et D4 à D7, outre l'anode (+) et la cathode quand on veut l'éclairage.

Dans cette configuration, il ne reste que quatre bits de données à pourvoir, l'affichage est en mode d'écriture, il ne peut que recevoir des données, on s'épargne ainsi une ligne de commande. Le circuit imprimé est tout simple et l'écran se branche d'un seul clip. Le module regroupe pourtant toutes les fonctions.

## Modules PIC16F690 et PIC24HJ64GP502 (double face)

Lors de l'assemblage de nombreux circuits d'essai, J'utilise souvent des microcontrôleurs dont le câblage sur plaque reste fastidieux, en dépit de la routine. C'est pourquoi je propose deux mini-modules (**fig. 4 et 5**) pour couvrir les séries de PIC 16F690 et 24HJ64GP502, dont les branchements sont similaires :

- la tension d'alimentation et la masse
- un petit condensateur de découplage de 100 nF sur l'alimentation du PIC
- le connecteur coudé K1 pour la liaison au débogueur *MicroChip PICKIT 3*, ICE avec adaptateur, une connexion qui à elle seule donne déjà tout leur sens aux modules
- le connecteur à 20 ou 28 broches est accessible pour le câblage sur la plaque d'essai ; il ne vous encombrera pas de lignes inutiles ou déjà câblées
- sur le module du PIC16F, il y a la place pour un quartz ou pour un résonateur céramique
- il y a sur le module PIC24HJ64GP502, la place pour un résonateur céramique ; on y trouve aussi une LED qui est reliée par un cavalier à la sortie RA0 du PIC.

Pour de nombreuses applications dans lesquelles la précision de la fréquence d'horloge n'est pas critique, on pourra se passer de résonateur et travailler sur l'oscillateur interne.

## Fabrication

Revenons à la divergence d'écartement entre plaques d'origines diverses

Entre les rails prévus pour l'alimentation, dans le

Figure 4. Le PIC 16F690 accompagné ici d'un quartz flanqué de ses condensateurs habituels. Le connecteur pour interface PICKit vous permet de le programmer sur place. Cette carte est double face.



champ opératoire souvent formé de deux fois cinq rangées de trous de part et d'autre d'une rainure centrale, tout va bien, le pas est standard. C'est sur les bords qu'il faut faire attention. Pour les rails d'alimentation, chacun y va de sa norme. Pour élargir la compatibilité de mes modules, nous avons retenu avec le labo d'Elektor deux types de plaques d'un approvisionnement facile en Europe : le premier type (**fig. 6a**), avec des trous au pas multiple entier de 100 mils\* linéaires, soit 2,54 mm, est vendu entre autres par *Selectronic* ou *Farnell*.

Sur le deuxième type (**fig. 6b**), proposé par *Velleman*, l'écart entre lignes d'alimentation et la zone de travail centrale diffère de 25 mils (= 0,635 mm). La dernière rangée à l'extérieur (ligne d'alimentation) se situe à 9,53 mm du premier trou du champ central, au lieu de  $4 \times 2,54 = 10,16$  mm si l'on avait l'écartement standard de 100 mils.

**Ce n'est pas du  
prêt-à-porter mais  
du prêt-à-implanter**

En conséquence, pour s'accorder aux deux modèles de plaque et pour que les picots tombent bien en face des trous de la plaque que vous utilisez, le circuit imprimé (simple ou double face) de chaque module comporte **deux positions** de fixation des picots du connecteur d'alimentation décalées d'un quart de pas (*1/4 grid*). Quand vous construisez un module, choisissez la configuration appropriée en vérifiant d'abord avec la plaque que vous utiliserez : sur le dessin de la **figure 6c**, vous prenez soit les trous du bas (marqués de violet) si vous avez une plaque de type *Velleman*, soit les trous du haut (marqués de jaune) si c'est une plaque à écartement standard. Ce faisant, vous rattrapez l'écart de 25 mils pour l'implantation de vos barrettes. C'est casse-pieds, mais Elektor pense à tout !

## Mécanique, symétrie et polarité

Pour donner au module une bonne stabilité mécanique, vous brancherez deux rangées de picots

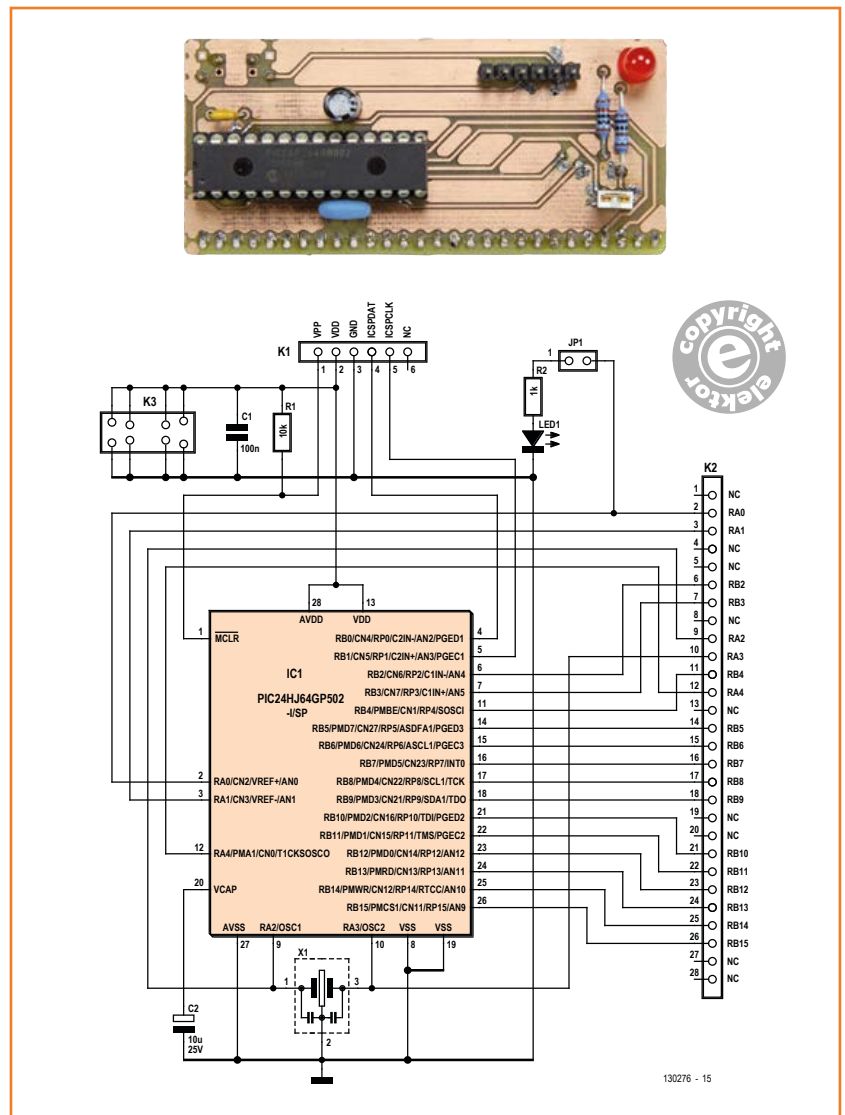


Figure 5. Le mini-module à PIC 24. Ce mini-module dispose aussi de la connexion pour l'interface PICKit. Cette carte est double face.

sur les lignes d'alimentation et quelques-uns dans le champ d'essai. Les raccords d'alimentation seront faits de barrettes SIL (*sigle in line* = rangée simple), l'une à cinq picots, l'autre à trois, selon les lignes à pourvoir : l'une doit relier les trous extérieurs, donc cinq picots, l'autre seulement les deux intérieurs. Pour faciliter l'insertion, vous pouvez couper les broches inutilisées.

Certaines plaques portent des marques de polarité de leurs rails d'alimentation sur les lignes extérieures. Si cette polarité est orientée dans le même sens (asymétrique) des deux côtés et si vous souhaitez respecter cette polarité, les

\* le mil est une unité de mesure qui désigne le millième de pouce

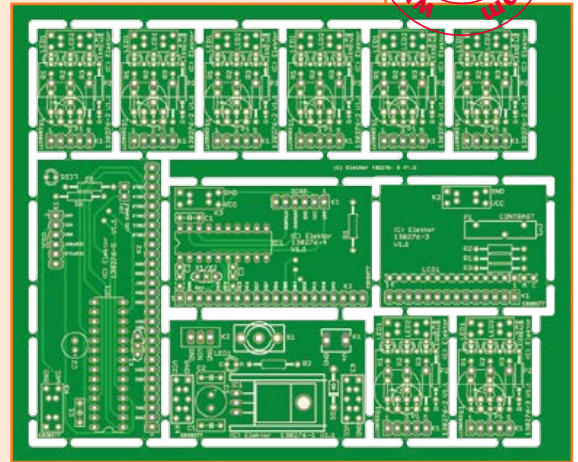








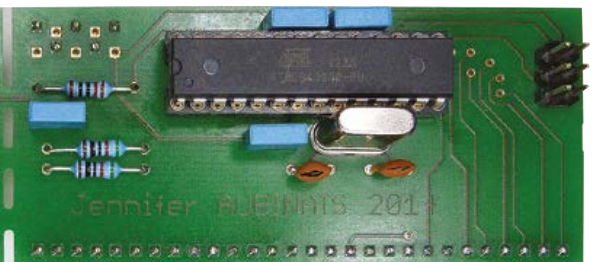
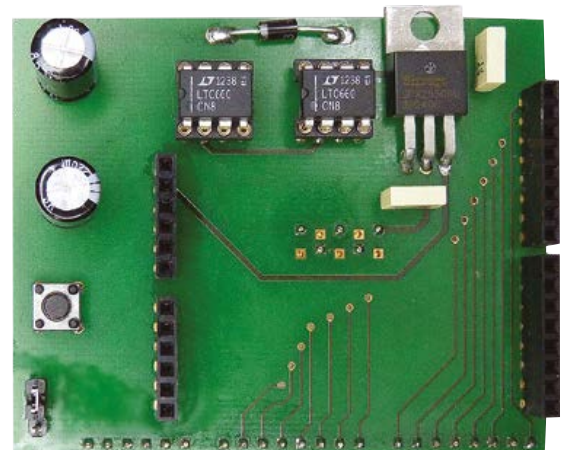
Au fil des préparatifs de cet article, prévu initialement pour le numéro double de janvier-février 2014, il est apparu que pour en comprimer les coûts de fabrication, il faudrait regrouper ces petits modules en un panneau, au lieu de les graver séparément. Comme de toute manière il paraît logique d'en utiliser plusieurs en même temps ou à tour de rôle, selon les besoins des applications envisagées, autant produire un lot qui réunirait sur le même panneau de circuit imprimé plusieurs exemplaires du module polyvalent et un exemplaire de chacun des autres modèles. Cette technique de fabrication est exactement celle qui, au cours des dernières années, a permis aux fabricants de circuits imprimés de rationaliser leur production en regroupant sur de grands panneaux les commandes de plusieurs clients différents et de les graver en même temps. Après quelques tâtonnements, il est apparu que la combinaison optimale réunirait **huit modules polyvalents** et **un seul exemplaire de chacun des quatre modules** à fonction spécifique, comme le montre l'**illustration ci-contre** à droite. Soit un lot de 12 circuits imprimés distincts pour environ 30 € (prix indicatif). Cet ensemble est disponible en ligne chez **elektorPCBservice** sous la référence **130276-6**. Ne vous privez pas de ces accessoires bien pratiques.



50% de la taille réelle

Pour conclure, voici un aperçu d'autres modules qu'Elektor vous proposera bientôt. Ils sont encore à l'étude actuellement chez Jennifer, mais elle a bien voulu en photographier certains prototypes en avant-première pour illustrer cet article (**ci-contre à droite**).

Platine	Description
alim -5V	Petite alimentation inverseuse de -5 V non régulée de 100 mA ou 200 mA avec 1 ou 2 LTC660
ARDUINO	Interface entre plaque d'essai et shields ARDUINO. Délivre 3,3 V et $V_{in}$ (10 V) à partir des 5 V de la plaque d'essai
1 relais	3 types de relais possibles. Commande simple par transistor.
RS232	Interface RS232 (RX, TX, CTS et RTS) prête à l'emploi. Enfiler la platine avec le module Elektor BOB-FT232R. Sélection 3,3 V ou 5 V par cavalier
Atmega	Pour utiliser l'Atmega328 avec ou sans <i>bootloader</i> ARDUINO. Toutes ses entrées/sorties disponibles sur la plaque d'essai. La programmation de l'Atmega328 se fait par un programmeur classique mais le <i>bootloader</i> ARDUINO se programme via l'interface BOB-FT232R d'Elektor ou l'interface ARDUINO USB/SERIAL



modules reproduites à 100% de leur taille réelle



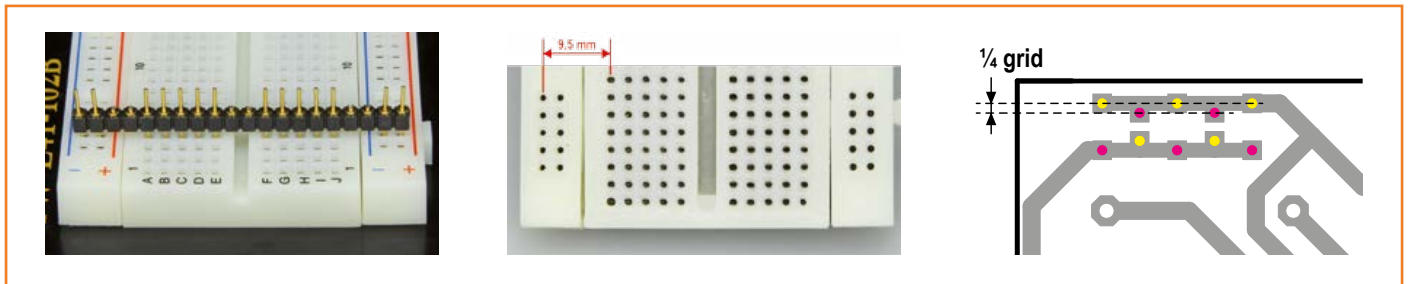


Figure 6. Selon les types de plaques d'essai, l'écart entre les lignes d'alimentation et les zones de travail peut diverger. Grâce au décalage astucieux des picots de leur(s) connecteur(s) d'alimentation, les mini-modules s'adaptent facilement aux deux types.

modules ne pourront se brancher que d'un côté de la plaque !

*N. B. N'utilisez que des barrettes SIL à fines broches rondes comme la D01-9923246 de Harwin (1022218 chez Farnell). Les broches carrées endommagent les contacts de la plaque ! Sur les modules PIC, pour la programmation mais pas pour l'alimentation, vous remarquerez qu'on utilise des broches carrées pour l'interface du programmeur du kit PIC, pour lequel les picots ronds seraient trop fins !*

Les picots se soudent par la face cuivrée, en prévoyant un espace suffisant pour glisser la panne du fer sous le manchon en plastique. Pour assurer un meilleur alignement, gardez les barrettes entières, au lieu d'individualiser les picots. Sur les connecteurs d'alimentation, deux des picots de la rangée de cinq (le 2e et le 4e) et un des picots de la rangée de trois (celui du milieu) sont étêtés, car il n'y a pas de trou à cet endroit dans le circuit imprimé.

### Voltmètre à PIC et écran LCD

Comme exemple de réalisation, je vous propose un voltmètre à PIC16F690 et son afficheur LCD sur plaques d'essai (**fig. 7**). Il se compose bien sûr d'un mini-module d'alimentation à 5 V, d'un PIC16, d'un écran LCD et d'un mini-module polyvalent avec potentiomètre ajustable pour délivrer une tension à mesurer et afficher sur l'écran. Tous les tracés des pistes (simple et double face) et les sérigraphies des circuits imprimés de ces mini-modules sont disponibles sur notre site [2]. Le câblage de l'alimentation est évident. Avec les schémas des modules de microcontrôleur et de LCD, vous n'aurez aucune peine à vous y retrouver. Pour celui des bits de données, cela dépend un peu du logiciel du PIC [2], mais pour les lignes de commande, c'est un jeu d'enfant. Voulez-vous essayer ? J'indiquais au début que le câblage ne compte que 9 fils, est-ce exact ?

(130276)

### Liens

- [1] [www.aubinais.net](http://www.aubinais.net)
- [2] [www.elektor-magazine.fr/130276](http://www.elektor-magazine.fr/130276)
- [3] [www.elektorPCBservice.com](http://www.elektorPCBservice.com)

L'auteur remercie Marion, Thomas (selectronic.fr) et Jean-Luc.

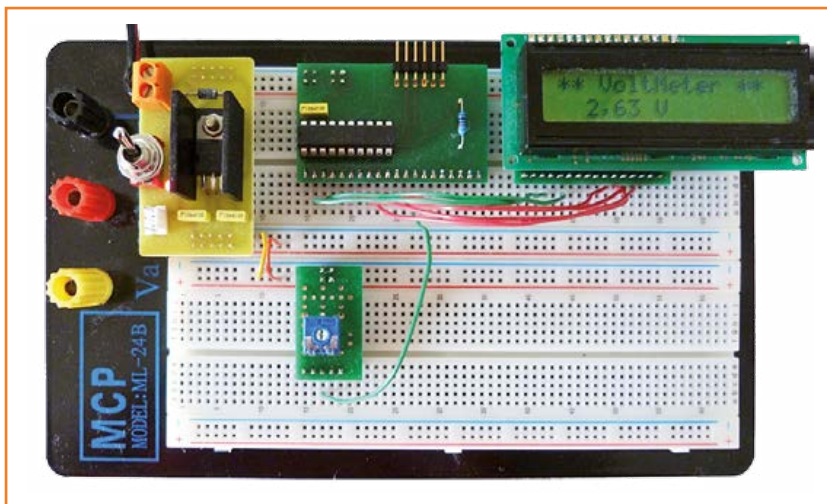


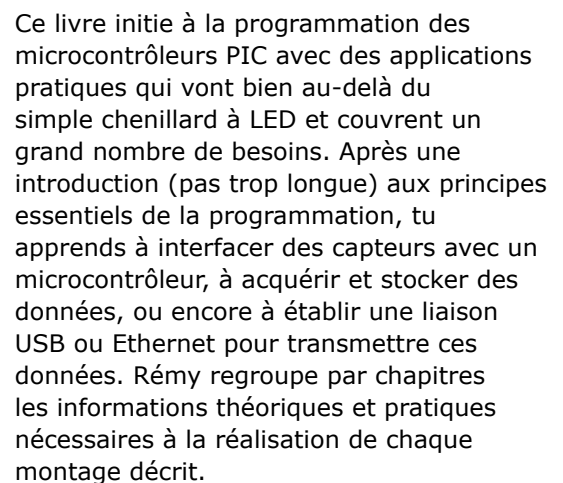
Figure 7. Exemple d'application des mini-modules : un voltmètre à cristaux liquides à PIC avec seulement 9 fils de câblage. N'hésitez pas à nous proposer (redaction@elektor.fr) d'autres idées de mini-modules qui vous sembleraient utiles.



# les microcontrôleurs PIC pour les débutants

qui veulent programmer **sans patauger**

**NOUVEAU**



**Le premier pas coûte,  
après ça va tout seul.**



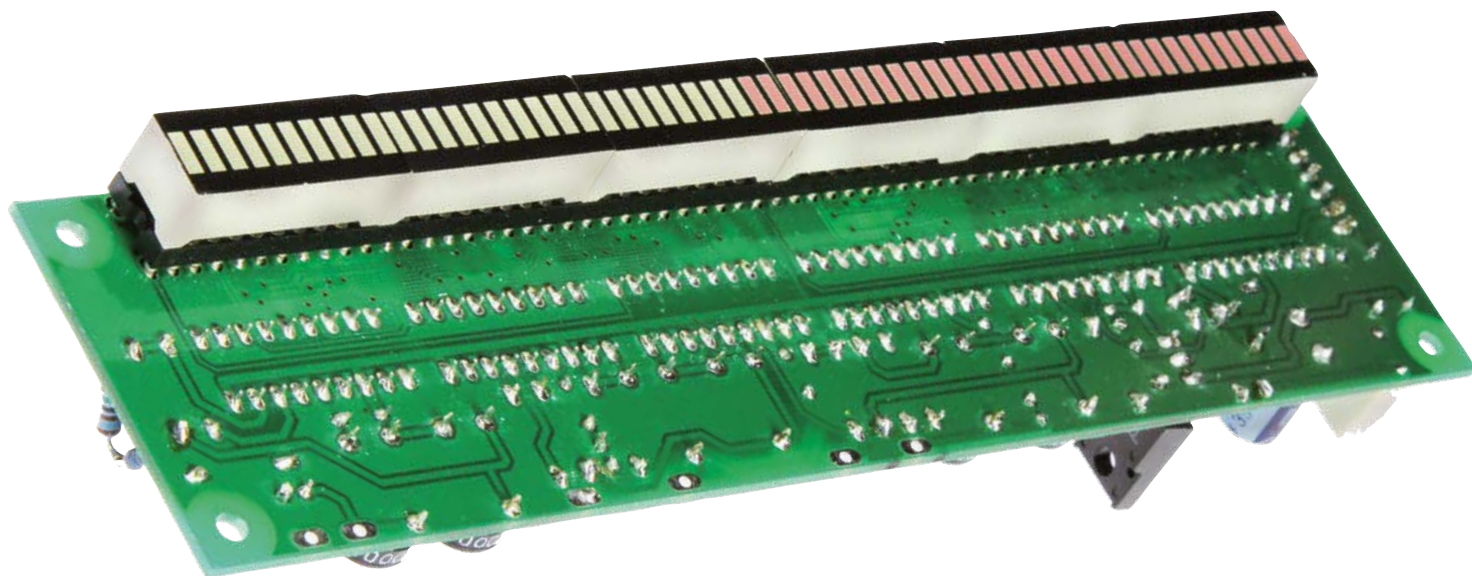
**e**lektor

**[www.elektor.fr/debutPIC](http://www.elektor.fr/debutPIC)**



# vumètre XXL

## à LED, large plage et haute résolution



**Emile van de Logt**  
(Pays-Bas)

Un vumètre à LED est un instrument de première nécessité quand on veut maintenir dans les limites acceptables l'amplitude d'un signal audio pour éviter la saturation, sur une table de mixage pour un amplificateur de guitare par exemple. Le circuit présenté ici offre une gamme particulièrement vaste de 60 dB avec une précision à 1 dB près. Six puces de commande LM3915 ne sont pas superflues pour attaquer les 60 LED de l'affichage graphique en barre.

Pour l'amplificateur de guitare à tubes de ma fabrication, il me fallait absolument un vumètre (*Volume Unit Meter*) performant, à LED de préférence. J'ai vite conclu que pour piloter l'affichage en barre à échelons lumineux, le LM3915, un authentique vétéran, conviendrait exactement à mon projet. Il présente un domaine de 30 dB au pas de 3 dB et commande dix LED à lui seul. De nombreuses réalisations équipées de cette puce sont connues, Elektor n'est certes pas en reste à ce sujet.

Et c'est justement d'un article de Rikard Lalic paru dans Elektor que je me suis inspiré. Intitulé VU-mètre 60 dB à LED, il date du numéro double d'été 2002 [1] et utilise deux LM3915 pour couvrir une plage de 60 dB.

La plage me satisfait, mais comment la démultiplier en pas de 1 dB ? C'est ce que cet article

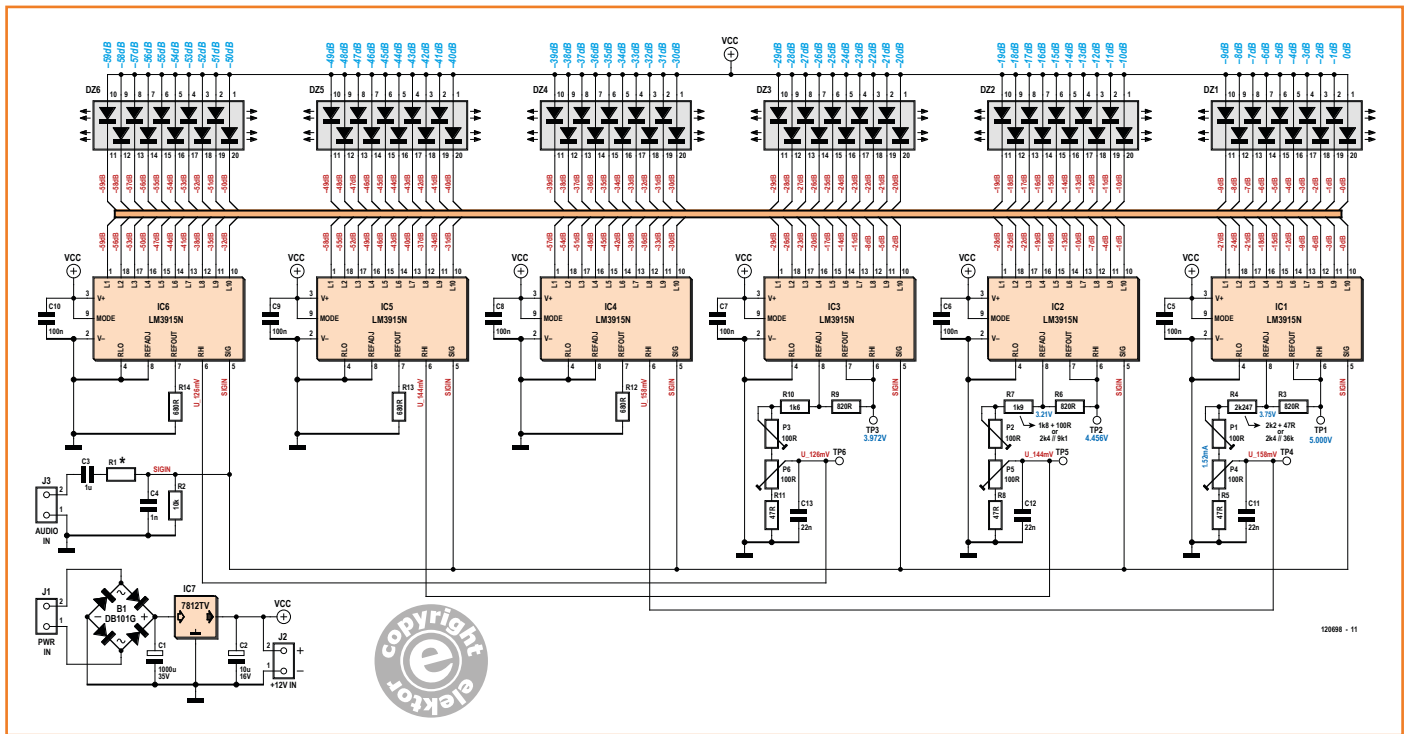
va montrer en pratique, construction et réglages du vumètre XXL compris. Parce qu'il s'agit maintenant de commander à bon escient pas moins de 60 LED !

Ce projet, je lui trouve encore deux autres attraits. D'abord, il est intégralement analogique, pas l'ombre d'un microcontrôleur. Ensuite, il présente un réel aspect didactique, au point que je m'en sers pour montrer à mes étudiants la complémentarité entre les maths et la conception en électronique. Et j'en profite ici pour ajouter quelques notes théoriques et pratiques, de quoi rappeler à ceux qui le désirent des notions utiles.

### Conception et calcul

Dans le projet originel, Lalic a utilisé une tension de 5 V comme réglage fixe pour le premier LM3915. Pour pouvoir effectuer des mesures à





plus forte puissance, il a fourni un tableau qui indique le diviseur de tension à appliquer au signal d'entrée du LM3915.

Comme la grandeur du pas est fixée à 3 dB dans le LM3915, il faut plusieurs puces pour atteindre la résolution du décibel. Dans le projet original, il y avait deux LM3915, le second réglé à 30 dB plus bas que le premier. Ici, j'ai associé trois puces, chacune réglée sur 1 dB en dessous de la précédente. On obtient ainsi une plage totale de 60 dB par pas de 1 dB avec six puces. Le réglage de ces différents LM3915 est donné dans le **tableau 1**. Prenons comme exemple une plage totale pour une puissance efficace de 100 W sur 8 Ω. Elle correspond à une tension efficace de 28,28 V et une tension de pointe (ou de crête) de 40 V, comme l'explique l'encadré Puissance, tension : efficace ou de pointe ? Le LM3915 réagit aux valeurs de pointe puisque, par essence, c'est un comparateur. Il faut donc régler le diviseur de tension du LM3915 sur 40 V avec une tension de référence de 5 V à l'entrée. Comme R2 a une valeur fixe de 10 kΩ, on peut régler avec R1 le bon rapport pour différentes puissances maximales (efficaces) et impédances de haut-parleur  $R_L$ . L'encadré indique que

$$P_{RMS} = \frac{\hat{U}^2}{2 \cdot R_L}$$

Autre formulation :

$$\hat{U} = \sqrt{2 \cdot P_{RMS} \cdot R_L}$$

Cette tension de pointe  $\hat{U}$  est ramenée à 5 V par le diviseur de tension R1/R2, si bien que nous obtenons :

$$\hat{U} = \frac{10k}{R1 + 10k} = 5 \Leftrightarrow$$

$$\hat{U} \cdot 10k = 5 \cdot (R1 + 10k) \Leftrightarrow$$

$$\hat{U} \cdot 10k - 50k = 5 \cdot R1$$

que nous résolvons pour R1 :

$$R1 = \hat{U} \cdot 2k - 10k$$

Figure 1.

Six puces du type LM3915 permettent l'attaque de 60 LED en tout, ce qui donne une plage de mesure de 60 dB avec une résolution de 1 dB.

Tableau 1 : Tension de référence de chaque puce

circuit	rapport en dB	rapport	$U_{REF}$ [V]
IC1	0 dB	1,000	5,000
IC2	-1 dB	0,8913	4,456
IC3	-2 dB	0,7943	3,972
IC4	-30 dB	0,0316	0,158
IC5	-31 dB	0,0282	0,141
IC6	-32 dB	0,0251	0,126



## Liste des composants

### Résistances :

(0,25 W/1 %)

R1 = cf. texte et tableau 2

R2 = 10 k $\Omega$

R3, R6, R9 = 820  $\Omega$

R4a = 36 k $\Omega$

R4b, R7b = 2,4 k $\Omega$

R5, R8, R11 = 47  $\Omega$

R7a = 9,1 k $\Omega$

R10 = 1,6 k $\Omega$

R12, R13, R14 = 680  $\Omega$

P1 à P6 = potentiomètre ajust. 100  $\Omega$ , horiz.

### Condensateurs :

C1 = 1000  $\mu$ F/35 V faible ESR, au pas de 5 mm, diam. 13 mm

C2 = 10  $\mu$ F/16 V faible ESR, au pas de 2 mm, diam. 5 mm

C3 = 1  $\mu$ F/100 V MKT, au pas de 5 mm

C4 = 1 nF, au pas de 5 mm

C5 à C10 = 100 nF, au pas de 2,5 mm

C11 à C13 = 22 nF, au pas de 2,5 mm

### Semi-conducteurs :

B1 = DB101

D1 à D50 = réseau en barre de 10 LED vertes, 16 x 25, 40 mm

D51 à D60 = réseau en barre de 10 LED rouges, 10,16 x 25, 40 mm

IC1 à IC6 = LM3915N

IC7 = LM7812 (TO220)

### Divers :

J1, J2, J3 = domino encartable à 2 vis, au pas de 2,54 mm

6 supports pour CI DIP 20 pour réseau en barre de LED

6 supports pour CI DIP 18 pour LM3915 circuit imprimé 120698-1, cf. [2].

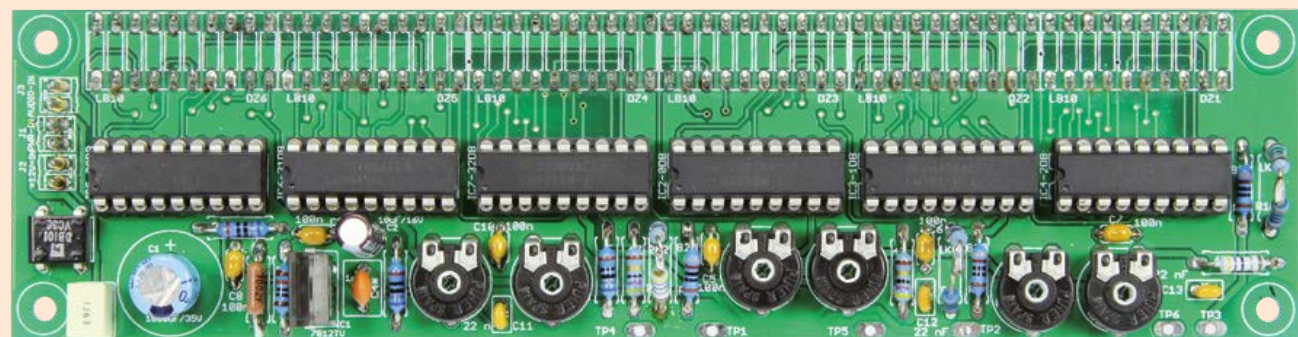
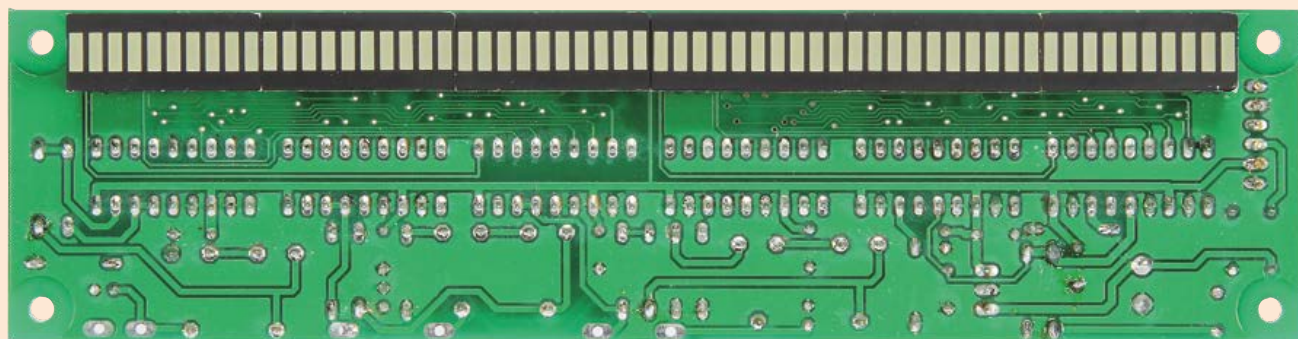
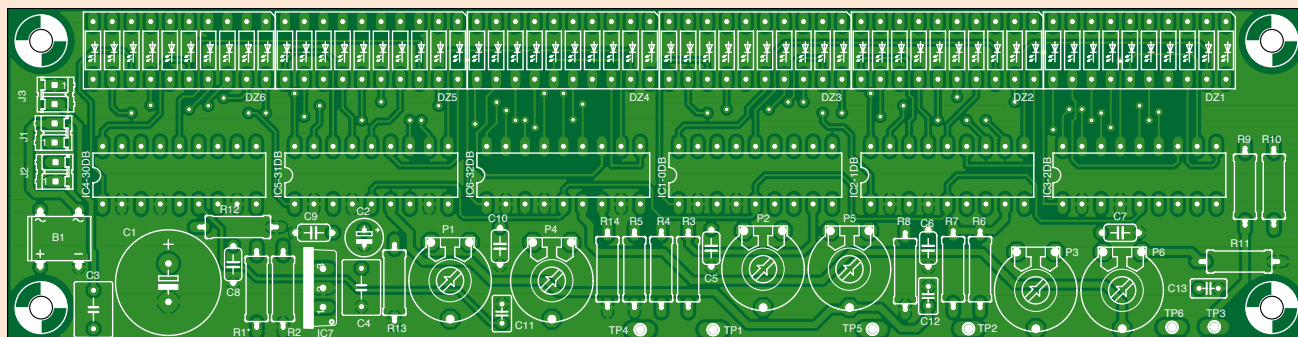


Figure 2. L'agencement du circuit imprimé conçu par l'auteur pour le Vumètre XXL. Les LED peuvent indifféremment se placer côté pistes ou côté composants, à condition de respecter leur polarité.



On peut alors rédiger le **tableau 2** au moyen des formules pour  $\hat{U}$  et  $R1$  et pour différentes valeurs de  $P_{RMS}$  et  $R_L$ .

Le condensateur  $C4$  à l'entrée sert à éliminer les parasites HF indésirables, il forme avec  $R1$  un filtre passe-bas. Le régulateur de tension de 12 V assure la stabilité de la tension d'alimentation.

### Discussion des tensions de référence

La formation des tensions de référence demande beaucoup d'attention. D'abord parce qu'une portée de 60 dB, c'est vaste ; en conséquence, les tensions de référence deviennent vite très petites. Un rapport de tensions de 60 dB signifie un facteur 1 000, la LED du bas devra s'allumer pour 5 mV ! Pour y arriver, on devra soigner la conception du circuit imprimé et prévoir de grands plans de masse et de larges pistes pour l'alimentation. Le LM3915 maintient une tension constante de 1,25 V entre la broche 7 (Ref Out) et la 8 (Ref Adj). Pour cela, il lui faut un courant qui définira celui qui passe dans chacune des LED allumées. Avec une résistance de 820  $\Omega$ , il circulera à peu près 15 mA dans chaque LED. C'est ce qu'il faut pour qu'on la voie s'éclairer.

On règle avec  $P1$  la première référence de tension pour IC1 sur 5 V. On la mesure sur le point de test TP1. Après quoi, on règle avec  $P4$  la tension pour IC4 à 158 mV, selon le tableau 1 et on la mesure sur TP4.

Ensuite, c'est au tour de la section médiane et  $P2$  sert à régler à 4,456 V la référence pour IC2, contrôlée sur TP2. Puis  $P5$  pour IC5 le règle à 141 mV, mesurés sur TP5.

On peut alors ajuster au moyen de  $P3$  la tension de 3,972 V pour IC3, que l'on mesure logiquement sur TP3. Finalement,  $P6$  définira la tension de 126 mV pour IC6, vérification sur TP6.

### L'auteur

Emile van de Logt est directeur des cours d'électrotechnique et de technologie des soins de santé à l'université de Rotterdam. Il a étudié l'électrotechnique à l'Université technique d'Eindhoven.

Passionné d'électronique, il a suivi les ateliers sur la programmation embarquée en C et sur les FPGA-VHDL, il construit des amplificateurs à tubes, des générateurs d'effets pour guitare... Il est aussi brasseur amateur et dispose d'un système complètement automatisé de fabrication de bière dont il a personnellement développé tant le matériel que le logiciel.

### Construction du circuit imprimé

Peu de difficultés en vue pour assembler les composants sur le circuit imprimé. J'ai choisi d'installer les LED côté soudures, mais elles peuvent aussi bien venir sur l'autre face si vous le souhaitez. Il faut seulement les placer dans le bon sens : l'un des quatre coins de la LED est chanfreiné, c'est celui qui doit s'orienter vers le bord long du circuit imprimé.

Pour constituer certaines résistances, par exemple  $R1$  (cf. tableau 2), il faut en monter deux en parallèle pour obtenir une valeur convenable. Bien entendu, si vous les avez sous la main, vous pouvez utiliser des résistances à 1 % de tolérance. Après montage de tous les composants, à l'exception des LM3915 qui rejoindront leur support plus tard, on effectue des essais de la partie alimentation.

Deux possibilités se présentent :

- brancher un transformateur de 12 V~ sur le connecteur J1 et monter B1, C1 et IC7 ;
- utiliser une alimentation externe de 12 V<sub>CC</sub> à brancher sur le connecteur J2, auquel cas on ne montera **pas** IC7.

Vérifiez qu'il y a bien du 12 V<sub>=</sub> stable partout sur les broches 3 et 9 de chaque support de cir-

**Tableau 2 : Valeur de  $R1$  par puissance max.**

impédance HP $R_L$	4 $\Omega$	4 $\Omega$	4 $\Omega$	8 $\Omega$	8 $\Omega$	8 $\Omega$	16 $\Omega$	16 $\Omega$	16 $\Omega$
P efficace $P_{RMS}$	10 W	50 W	100 W	10 W	50 W	100 W	10 W	50 W	100 W
P de pointe $\hat{U}$	8,9 V	20,0 V	28,3 V	12,6 V	28,3 V	40,0 V	17,9 V	40,0 V	56,6 V
$R1$ ( $\Omega$ )	7 889	30 000	46 569	15 298	46 569	70 000	25 777	70 000	10 3137
Combinaison pour obtenir $R1$	22k//12k (-1,58 %)	47k//82k (-0,41%)	47k (+0,9%)	15k (-2,0%)	47k (+0,9 %)	220k//100k (-1,8 %)	47k//56k (-0,87%)	220k//100k (-1,8 %)	330k//150k (0,0 %)



cuit intégré. Sinon, débranchez l'alimentation et trouvez la panne. Si tout va bien, en l'absence de tension, insérez prudemment les LM3915 dans leurs supports. Remettez sous tension et réglez toutes les tensions de référence en suivant le **tableau 3**.

L'instrument est dès lors prêt pour le service, vous pouvez brancher sur le connecteur J3 le signal de haut-parleur.

(120698 – version française : Robert Grignard)

## Liens

[1] [www.elektor-magazine.fr/000083](http://www.elektor-magazine.fr/000083)

[2] [www.elektor-magazine.fr/120698](http://www.elektor-magazine.fr/120698)

**Tableau 3: Réglage des tensions de référence**

P1	P2	P3	P4	P5	P6
TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6
5,000 V	4,456 V	3,972 V	158 mV	141 mV	126 mV

## Le logarithme

Pour clarifier les grands rapports numériques, on fait couramment appel au logarithme, souvent le logarithme en base 10 ou décimal. Une formulation qui respecte des règles de calcul particulières :

$\log(b) = x$  peut aussi s'écrire sous la forme :  $a^x = b$

Tout l'art de travailler avec les logarithmes consiste à passer aisément d'une forme à l'autre.

Exemple : combien font  $\log(1000)$  ? Disons que la réponse est  $x$  et que nous pouvons donc écrire :  $\log(1000) = x$ , ou encore  $10^x = 1000$ , soit  $10^x = 10^3$ , donc  $x$  (c'est la réponse) vaut 3 et  $\log(1000)$  est égal à 3. De la même manière, en binaire, vous verrez que  $\log(8) = 3$ .

## Le décibel

Il doit son nom à un certain Alexander Graham Bell (*monsieur Téléphone*). Le *bel* (symbole B) est utilisé pour chiffrer l'atténuation de niveau dans la transmission par câble. Mais comme c'est une unité relativement grande, on utilise habituellement le décibel (symbole dB).

Avec les décibels, il faut bien faire la distinction entre les rapports de puissance et ceux de tension.

Pour la **puissance**, la définition est la suivante : nombre de dB =  $10 \times \log(P1/P0)$ .

Par exemple, si  $P1$  vaut  $100 \times P0$ , le rapport est de 20 dB.

Pour les rapports de **tension**, la définition est : nombre de dB =  $20 \times \log(U1/U0)$ .

Si par exemple  $U1$  vaut  $100 \times U0$ , alors le rapport est égal à 40 dB !

Si la différence entre les tensions  $U1$  et  $U0$  doit être de 30 dB, l'équation suivante est de mise :  $20 \times \log(U1/U0) = 30$ , ou bien  $\log(U1/U0) = 1,5$ . Selon la règle valable pour le logarithme, on peut aussi l'écrire ainsi :

$10^{1,5} = (U1/U0)$ , ou encore  $U1/U0 = 31,62$ . Ce qui veut dire que la tension  $U1$  est 31,62 fois plus grande que  $U0$ .

## Puissance et tension : efficace ou de pointe ?

Pour un signal sinusoïdal pur, la tension de pointe (symbolisée par  $\hat{U}$ ) est plus grande d'un facteur  $\sqrt{2}$  que la valeur efficace (ou RMS de *Root Mean Square*, moyenne quadratique) représentée par  $U_{RMS}$  ou  $U_{eff}$ .

Nous savons que  $P$  (la puissance) =  $U$  (la tension)  $\times I$  (le courant). La loi d'Ohm nous dit que  $U = I \times R$ , donc  $P = U \times I = U \times U/R = U^2/R$ . Il importe de savoir si l'on parle de puissance efficace  $P_{RMS}$  ou de puissance de pointe. Vous n'aurez affaire à de la puissance efficace que si vous avez considéré la tension efficace.

$P_{RMS} = U_{RMS}^2/R = (\hat{U}/\sqrt{2})^2/R = \hat{U}^2/2R$ . La puissance efficace ne vaut donc que la moitié de la puissance de pointe !

Sur un haut-parleur de  $8 \Omega$ , pour atteindre une puissance efficace de 100 W, il faut appliquer un signal sinusoïdal d'une tension efficace de  $U_{RMS} = 28,28$  V. Ce signal présente donc une tension de pointe de  $\hat{U} = 40$  V.



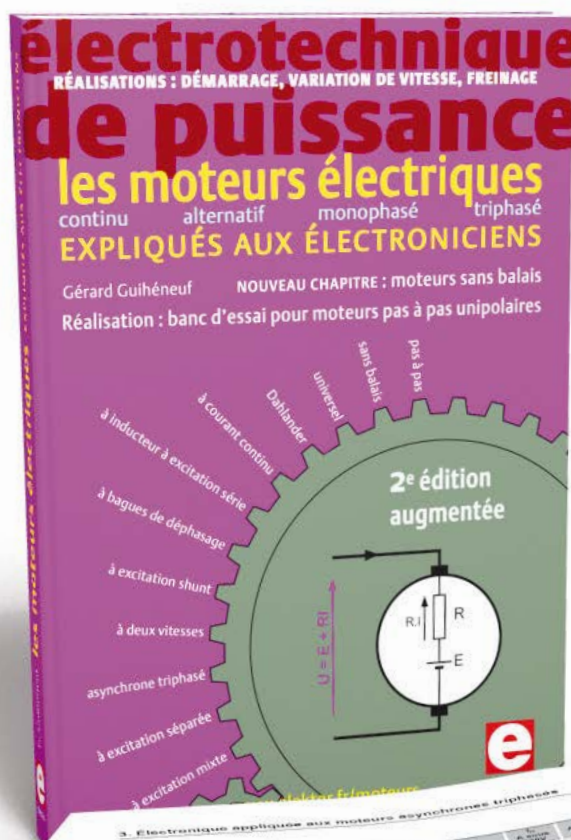
# Nouvelle édition augmentée

## 100 pages supplémentaires !

électronique de puissance

# les moteurs électriques

expliqués aux électroniciens



Ce livre en quatre chapitres offre une information accessible et digeste : constitution, fonctionnement, caractéristiques, domaines d'utilisation, pour proposer aussi des réalisations électroniques simples et concrètes.

Le premier détaille les principes de variation de la vitesse des moteurs à courant continu.

Les moteurs à alimentation alternative monophasée du 2e chapitre font appel à une électronique de puissance.

Dans le 3e chapitre sont décrits les moteurs asynchrones triphasés, le moteur électrique le plus utilisé dans l'industrie. Cette nouvelle édition s'enrichit d'un chapitre consacré aux moteurs sans balais (brushless), du moteur synchrone triphasé de plusieurs centaines de kW au moteur à courant continu de quelques centaines de watts, en passant par les moteurs pas à pas ou encore le surprenant moteur linéaire. Le lecteur découvrira leurs modes de commande : codeurs incrémentaux ou absolus associés à un onduleur commandé en courant ou en tension ou bien capteurs à effet Hall pour l'autopilotage, commande en pas entiers, demi-pas, micro-pas... L'auteur propose également de réaliser un banc d'essai pour moteurs pas à pas unipolaires.

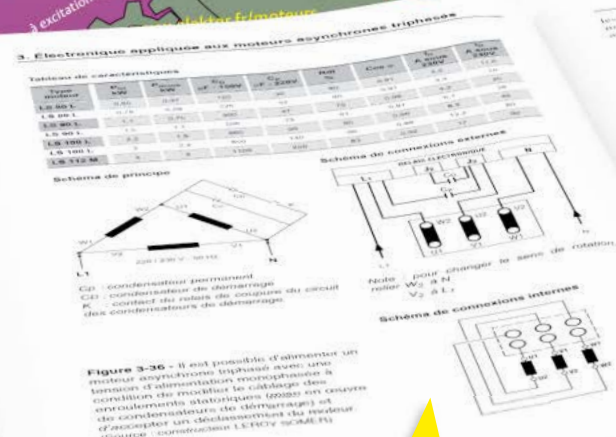
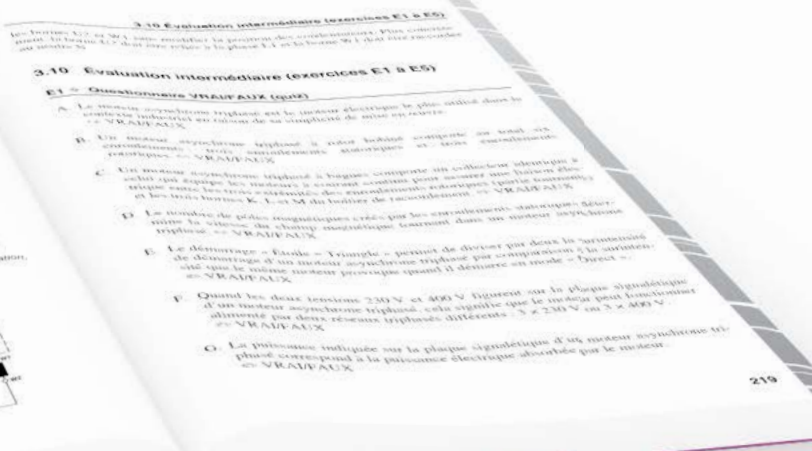


Figure 3-36 - Il est possible d'alimenter un moteur asynchrone triphasé avec une source d'alimentation monophasée à condition de modifier le câblage des enroulements statoriques (lignes en coupe) et de condensateurs de démarrage et d'ajouter un déclassement du moteur. (Source : constructeur LECTEC S.A.)



## + 100 pages

ISBN 978-2-86661-194-1

432 pages

46,50 €

# elektor

[www.elektor.fr/moteurs](http://www.elektor.fr/moteurs)



# ampli d'enceinte active

## électrisez vos haut-parleurs !



**Alfred  
Rosenkränzner**  
(Allemagne)

Il existe des enceintes actives de toutes qualités. Bien conçues, elles offrent des avantages appréciables, surtout quand elles sont à voies multiples : le spectre audio est réparti sur plusieurs haut-parleurs.

Amplificateurs, filtres et alimentation sont dans la même boîte que les haut-parleurs ; c'est un concentré de technique. Le facteur d'amortissement est optimal et il n'y a plus de gros câbles encombrants.

Les enceintes ordinaires se contentent d'un haut-parleur eseuilé, dit à large bande. Sur des modèles plus élaborés, on trouve un filtre sépa- rateur de fréquence *passif* composé, dans le meilleur des cas, de lourdes et volumineuses bobines à air et de condensateurs à feuilles plastiques fort chers. Sur un modèle à trois voies, l'aigu, le médium et le grave, il faut trois de ces réseaux qui doivent supporter (en l'amoindrissant) toute la puissance de l'amplificateur. Dans une enceinte *active*, les amplis de puissance sont incorporés ; la séparation de fréquence a lieu *avant* l'amplification et s'opère commodément à l'aide de filtres actifs compacts.

### Le pour et le contre

L'inconvénient majeur des enceintes actives à voies multiples, c'est qu'il faut plusieurs ampli- ficateurs par enceinte. Six pour une chaîne stéréo à trois voies. C'est probablement pour cette raison que la formule est onéreuse et peu répandue, même dans le segment du haut de gamme. Cependant, les avantages techniques et, bien entendu, musicaux dominent dans la branche active. D'abord en raison des liaisons courtes entre sortie des amplis et haut-parleurs. Plus de gros câbles, chers et encombrants. Et du même coup, pas de selfs ni de condensateurs interpo- sés, donc un amortissement optimal de chaque



haut-parleur, sans la distorsion causée par ces composants passifs lors de forts courants. Que dire des systèmes dans lesquels, aux bobines et condensateurs de qualité, ont été substitués des condensateurs électrolytiques et des selfs à pot de ferrite ?

Ce qui plaide encore pour la solution active, c'est la possibilité qu'offrent les filtres actifs, à très peu de frais, de réaliser une meilleure séparation des domaines de fréquence et d'exercer les corrections de phase requises.

Avec un système 2.1, le caisson d'ultra grave est unique. On peut se passer de haut-parleur à double bobine, puisque le filtre actif de voies peut aisément additionner les signaux des deux canaux pour un *woofer* ordinaire, actionné par un unique amplificateur final. On trouve pour ce genre d'applications de nombreuses variantes, dont certaines publiées par Elektor.

Pas d'intégrisme ici : aucune enceinte n'est meilleure ni moins bonne *parce que* passive ou au contraire active. Il en existe de bonnes et moins bonnes dans les deux genres ! En tout cas, « l'activation » d'un ensemble passif par filtre actif suivi de bons amplificateurs permet de peaufiner le résultat.

### Concept de l'étage final

Comparé à une enceinte passive, un système actif de reproduction sonore met en œuvre une belle quantité d'électronique. Or, l'installer à l'extérieur n'est pas une bonne idée, on y perdrait un avantage essentiel : la suppression des gros câbles

avec accentuation de l'amortissement. N'oublions pas que sur un ensemble à trois voies, il faudrait une inesthétique botte de six gros fils pour mener des amplis aux haut-parleurs ! Ce n'est pas une solution, l'électronique doit se trouver au plus près des HP, avec des amplis de proximité, dans le même coffre. Or, l'espace disponible y est souvent limité.

La place manquerait encore plus si votre but était de produire dans votre salon une sonorisation de discothèque genre brise tympan : l'alimentation secteur ne tiendrait pas dans le coffre. Laissons plutôt la « wattomanie » dehors. Pour les enceintes actives d'une pièce de séjour, on peut fort bien réaliser des amplificateurs de puissance aux excellentes caractéristiques techniques qui restent compacts et simples.

Autre contrainte à prendre en considération : peut-on alimenter plusieurs amplis de puissance à la même source sans qu'ils s'influencent mutuellement ? De fortes pointes de consommation sur le canal des basses ne risquent-elles pas de causer des fluctuations de tension sur le canal médium ou aigu ? Auquel cas, il faudrait prévoir des alimentations séparées par canal, ce qui serait pénalisant.

C'est avec toutes ces exigences en tête que j'ai étudié et mis au point un amplificateur de puissance modulaire, bien adapté à une activation *in situ*. Pour la conception du circuit, je me suis inspiré des réflexions de Douglas Self [1] qu'il

## Caractéristiques techniques

### ampli de puissance pour enceinte active

tension d'entrée maximum :	0,62 V pour 23 W sur 8 $\Omega$
puissance de sortie (sous $\pm 25$ V) :	34 W sur 4 $\Omega$ ; 23 W sur 8 $\Omega$
tension d'alimentation :	$\pm 25$ V pour 4 $\Omega$ ; $\pm 42$ V pour 8 $\Omega$
largeur de bande (1 W sur 8 $\Omega$ ) :	16,4 Hz à 230 kHz (-3 dB)
rapport signal/bruit :	>100 dB (22 Hz à 22 kHz)
S/b (1 W sur 8 $\Omega$ ) :	>103 dB(A)
DHT (distorsion) :	<0,1% (34 W / 4 $\Omega$ ; 23 W / 8 $\Omega$ )
DHT+ b (avec bruit) :	0,0023 % (1 kHz ; 1 W / 8 $\Omega$ )
DHT+ b (B = 22 kHz) :	0,006% (11 W / 8 $\Omega$ ) 0,006% (1 W / 4 $\Omega$ ) 0,015% (17 W / 4 $\Omega$ )
facteur d'amortissement :	>600 (1 kHz)
amortissement (1 W sur 8 $\Omega$ ) :	>400 (20 kHz)
tension de décalage de sortie :	54 mV



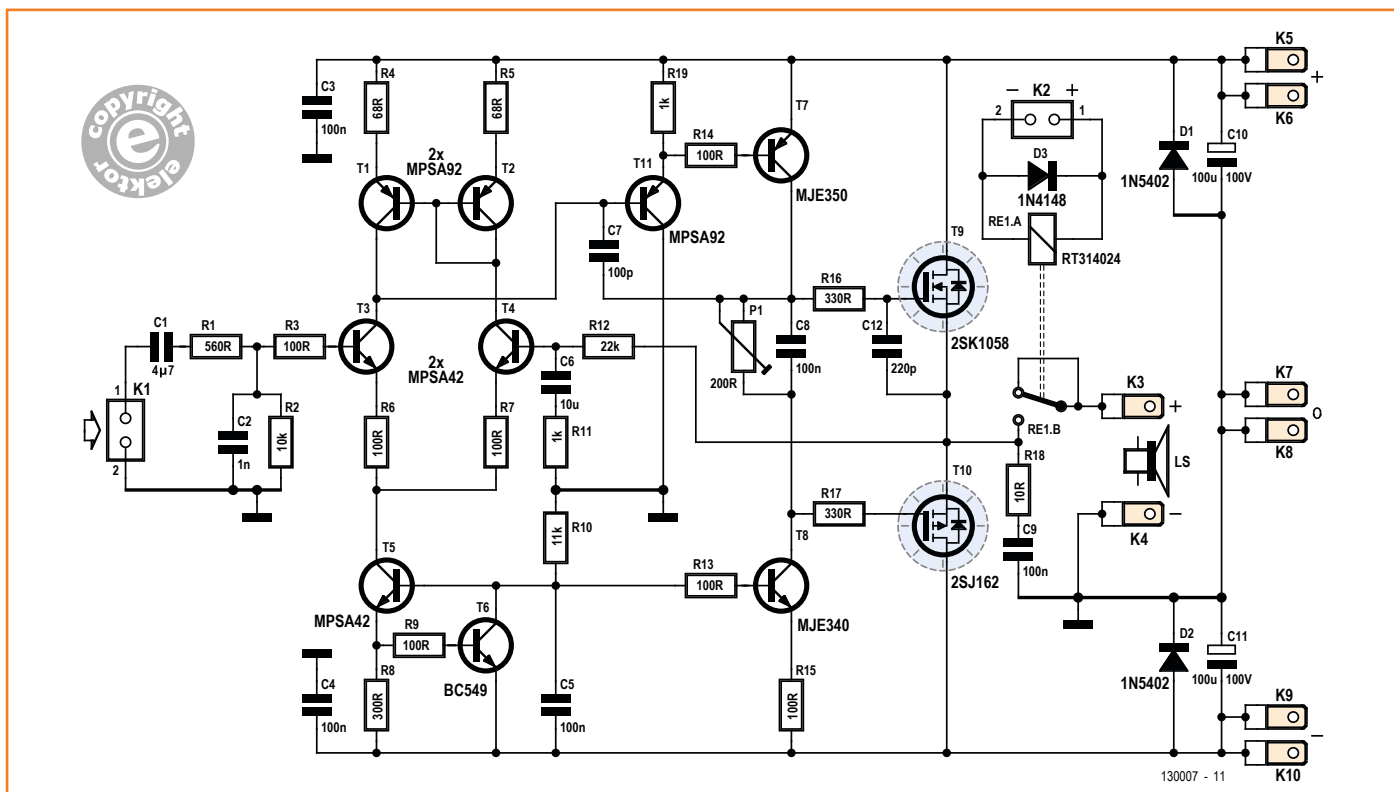


Figure 1.  
Le schéma du module  
d'ampli de puissance  
compact.

a publiées dans Elektor sur différents circuits audio, dont un préamplificateur [2] d'une qualité hors du commun, tout indiqué pour piloter des enceintes actives.

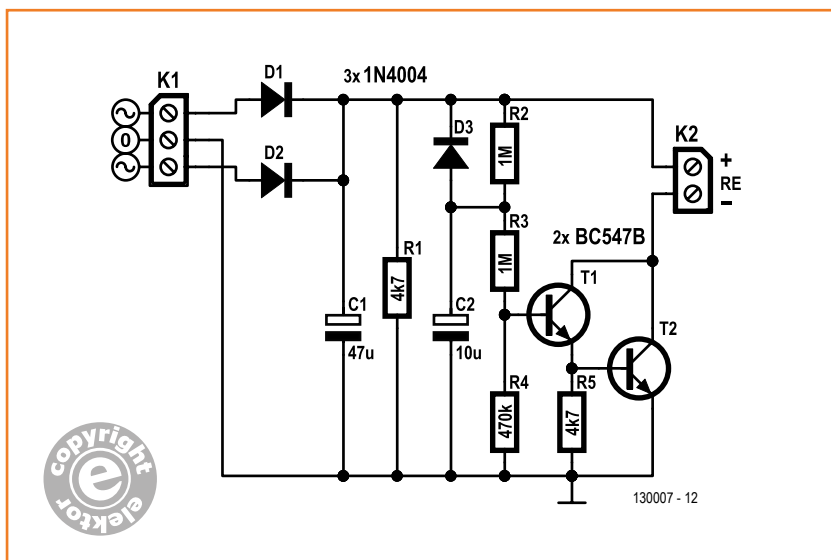
Figure 2.  
Une commande de relais en  
toute simplicité.

### Circuit de l'amplificateur

Comme de coutume dans les amplificateurs de puissance modernes, celui-ci dispose d'une ali-

mentation symétrique. Il ne lui faut donc pas de condensateur électrolytique de sortie qui serait d'ailleurs contre-indiqué dans une enceinte active. Dans le schéma (fig. 1), on repère les transistors de puissance MOSFET complémentaires en finale. Ce ne sont nullement des modèles destinés à la commutation, mais bien des FET de Hitachi dont la pente est plus précoce et les résistances de canal plus élevées. Vous les avez sûrement déjà vus dans des réalisations d'Elektor. À cause de la plus grande résistance drain-source, les pertes sont plus élevées et donc la puissance de sortie moindre pour une tension d'alimentation donnée, mais le rendu sonore est meilleur et particulièrement au voisinage de la saturation où la limitation est plus douce, comparable au comportement des tubes.

Contrairement aux MOSFET à faible résistance, les types Hitachi se distinguent par leur capacité grille-source bien plus faible. La capacité d'entrée du type N (T9) ne fait que 600 pF et celle de T10 à peu près 900 pF, une disparité gommée par C12. Les capacités plus basses permettent une commande relativement simple, à haute impédance aux fréquences audio et dès lors par un courant de pilotage moindre. La résistance de 330  $\Omega$  de





R16 et R17 n'atténue que peu les hautes fréquences. Il en découle que les transistors T7 et T8 de l'étage pilote ne doivent pas délivrer une grande puissance et ne chauffent pas, même sans radiateur. Le réglage du courant de repos s'opère par simple potentiomètre d'ajustage, sans dispositif de stabilisation supplémentaire. L'évolution de la température est ici toute différente de celle des transistors bipolaires, du fait que le courant de repos ne s'emballe pas avec l'échauffement, il se limite de lui-même.

Voici comment fonctionne l'étage pilote : à la place d'une résistance, il y a une source de courant, centrée sur T8, dans le circuit du collecteur d'un montage Darlington composé de T11 et T7. Le courant qui traverse T7 et T8 résulte de la tension sur R15, laquelle provient de la tension sur le collecteur de T6, constituée de la somme des  $U_{BE}$  de T6 et de T5 diminuée de la tension  $U_{BE}$  de T8. En fait, on mesure sur R15 environ 0,67 V, ce qui correspond à un courant de juste 7 mA. La puissance dissipée par T7 et T8, avec une alimentation sous  $\pm 25$  V, s'élève à seulement 170 mW, un refroidissement n'est pas nécessaire. Même avec une alimentation de  $\pm 42$  V, les transistors de l'étage pilote ne chauffent que modérément.

Voyons ce qu'il en est de l'étage d'entrée. T3 et T4 forment un classique ampli différentiel. Dans les circuits des collecteurs, on trouve un miroir de courant, construit avec T1 et T2, qui rehausse joliment le gain de roue libre, sachant que le gain en courant des transistors utilisés n'est pas très élevé. Les émetteurs sont alimentés à travers R6 et R7 par la source de courant T5 et T6, courant issu de R8 et du  $U_{BE}$  de T6. Il passe à travers T3 et T4 à peu près 1,1 mA. Devant la base de T3, l'entrée non inverseuse, se trouve un filtre passe-bas composé de R1 et C2 pour bloquer toute intrusion de haute fréquence, limiter la vitesse de balayage des signaux d'entrée et en même temps la bande passante de l'amplificateur. Le condensateur C1 arrête à l'entrée la composante continue. La fréquence de coupure qu'il introduit en formant un filtre passe-haut avec R2 (+R1) est fort basse, 3,5 Hz, c'est le filtre passe-bas R11/C6 (par rétroaction) qui détermine la limite inférieure à 16 Hz. L'amplification totale est fixée par le rapport R12/R11 à 22 fois, soit 27 dB.

Le miroir de courant et la source à courant constant découplent radicalement des tensions

d'alimentation l'étage précédent et de là tout l'amplificateur. Raison pour laquelle on peut brancher plusieurs de ces amplis, malgré leur simplicité apparente, sur la même alimentation qui, en outre, n'a pas besoin d'être stabilisée.

### Circuit à relais

À l'allumage d'un amplificateur, comme de toute électronique à rétroaction, le gain ne se stabilise qu'après un court instant. Ainsi, un décalage de tension à l'entrée ou tout autre phénomène erratique peut produire à la sortie une impulsion qui, avec le couplage direct des haut-parleurs, entraîne un choc audible. Dans le cas d'un subwoofer, avec son grand équipement mobile, ce vacarme est impressionnant mais relativement inoffensif. La même impulsion est dangereuse en revanche pour tout reproducteur d'aigu, en particulier dans une enceinte active où il n'y a pas, pour le *tweeter*, de condensateur de protection qui limiterait la quantité d'énergie transmise. Le risque de destruction est d'autant plus grand que le système est conçu pour des signaux musicaux qui dans le spectre aigu contiennent une énergie moindre.

Aussi est-il préférable de ne pas relier directement le haut-parleur, mais d'insérer un relais temporisé à contacts robustes. L'activation retardée du relais empêche le passage de l'impulsion à l'allumage. Idéalement, il faut aussi, quand l'alimentation chute, débrancher très vite le haut-parleur pour lui éviter semblable souci. C'est pourquoi il y a RE1 : chaque amplificateur a son propre relais. Le circuit de commande est représenté à la **figure 2**. K1 est simplement relié au secondaire du transformateur. Lors de l'allumage, C1 se charge rapidement et C2 lentement par R2, d'où le retard de quelques secondes à l'activation du relais relié à K2. À l'extinction, C1, qui n'a que peu de capacité, se décharge vite par le relais et la tension de base de T1 s'effondre à cause de D3 qui décharge C2. On peut trouver le BC547B un peu faiblard pour ce rôle-ci, mais le relais de la figure 1 ne lui demande que 18 mA sous 25 V. Il pourrait en commander trois, à l'aise. Le circuit est simple, on peut le câbler sur un bout de plaque perforée et lui trouver une petite place adéquate.

### Construction

Un circuit imprimé a été développé pour ce bel ampli modulaire (**fig. 3**). Si, à l'aide du PCB Pro-



## L'auteur

Alfred Rosenkränzer est ingénieur de développement depuis 29 ans, au début dans le domaine de la télévision professionnelle. Depuis la fin des années 90, il conçoit des appareils de test pour les circuits intégrés analogiques et numériques à haute vitesse. Dans le privé, son thème de prédilection est l'audio.

totyper [3] ou par vos moyens personnels, vous voulez fabriquer vous-même ce circuit à double face [4], il faut traquer sans merci les vias défectueux et, où c'est nécessaire et possible, souder les composants sur les deux faces. Pour les condensateurs céramiques, par exemple, on a prévu des trous supplémentaires pour différents pas. Vous pouvez les utiliser pour établir des liaisons complémentaires d'une face à l'autre en y soudant un bout de fil. Les condensateurs électrolytiques, on peut les monter à distance du circuit imprimé pour les souder des deux côtés. On ne rencontre pas ce genre de soucis avec les

circuits imprimés tout faits et leur montage est nettement moins stressant (fig. 4).

L'installation de T9 et T10 est plus délicate. Elle s'opère en dernier lieu, directement sur le radiateur (fig. 5). Il y a des trous dans le circuit imprimé pour passer les vis de fixation des transistors. Ils serviront de patron pour pointer les trous à forer dans le radiateur. Le circuit imprimé doit être monté à distance d'au moins 6 mm du radiateur. On utilise pour cela des entretoises métalliques de 5 mm plus des rondelles ou des boulons adéquats. T9 et T10 sont munis de pla-

## Liste des composants

### Résistances :

¼W / 1% sauf indication contraire

R1 = 560 Ω

R2 = 10 kΩ

R3, R6, R7, R9, R13, R14, R15 = 100 Ω, 400 mW

R4, R5 = 68 Ω

R8 = 300 Ω

R10 = 11 kΩ

R11, R19 = 1 kΩ

R12 = 22 kΩ \*

R16, R17 = 330 Ω

R18 = 10 Ω 1 W, 5 %

P1 = 200 Ω aj. multitours vertical

### Condensateurs :

C1 = 4,7 µF / 63 V, au pas de 5/7,5 mm

C2 = 1 n / 63 V, au pas de 2,5/5 mm

C3, C4 = 100 nF / 100 V, X7R, au pas de 2,5/5 mm

C5 = 100 nF, 63 V, MKT, au pas de 2,5/5 mm

C6 = 10 µF, 63 V, MKT, au pas de 5/7,5/10/15 mm

C7 = 100 pF / 1 000 V, MKP, au pas de 5 mm

C8 = 100 nF / 63 V, MKT, au pas de 2,5/5 mm

C9 = 100 nF / 63 VAC, MKT, au pas de 2,5/5 mm

C10, C11 = 100 µF / 100 V, électrolytique Ø max. 13,5 mm, au pas de 5 mm

C12 = 220 pF, 1 000 V, 5 %, MKP, au pas de 5 mm

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N5402

D3 = 1N4148

T1, T2, T11 = MPSA92

T3, T4, T5 = MPSA42

T6 = BC549C

T7 = MJE350

T8 = MJE340

T9 = 2SK1058

T10 = 2SJ162

### Divers :

K1, K2 = domino à 2 vis encartable au pas de 5 mm

RE1 = relais RT314024 encartable 24 V / 1 440 Ω, unipolaire, 250 VAC / 16 A

K3 à K10 = connecteur plat Faston vertical, au pas de 5,08 mm

T9, T10 = plaquette d'isolation pour TO-3P, p.ex. Kapton MT film 0,15 mm

radiateur 1,2 K/W, p.ex. SK 85/75 SA de Fischer Elektronik

circuit imprimé EPS 130007-1 v1.1\*

\* cf. texte

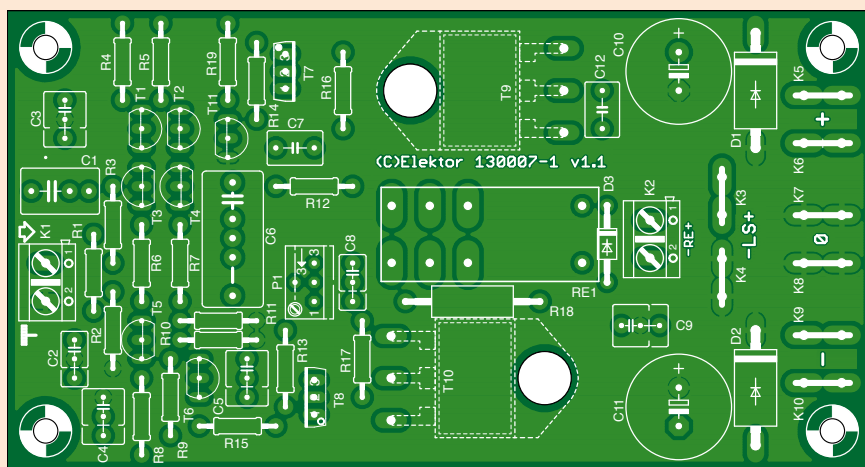


Figure 3. L'agencement des composants sur le module amplificateur de puissance.





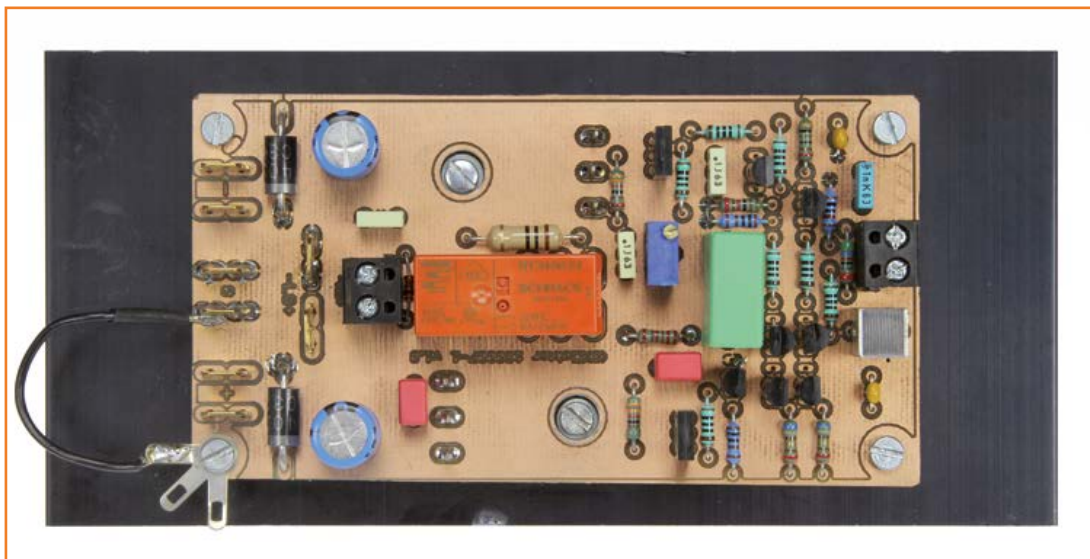


Figure 4.  
Vue du haut du prototype  
terminé.

quettes d'isolation de moins de 5 mm de manière à empêcher tout contact thermique avec le circuit imprimé.

Les trous une fois forés dans le radiateur, on visse, sans les bloquer, T9 et T10 avec leurs plaquettes isolantes. Il faut alors plier les pattes des transistors vers le haut pour les introduire dans le circuit imprimé et les souder au-dessus. On enlève alors les vis de fixation de T9 et T10, opération facilitée par les ouvertures de 7 mm dans le circuit imprimé, pour le désolidariser et parvenir à souder les transistors sur la face inférieure. Ne pas oublier de remettre les vis pour T9 et T10 ! Les rondelles M3-U traversent aussi les trous de 7 mm.

### Mise en service

C'est une tension d'alimentation de  $\pm 25$  V qui convient au module amplificateur à installer dans une enceinte active. On l'obtient simplement avec un transformateur secteur de  $2 \times 18$  V au secondaire et un courant nominal de 1,2 A pour un haut-parleur de 8  $\Omega$ . S'y ajoutent un pont redresseur B40C2200 et deux condensateurs réservoirs de 4 700  $\mu$ F / 35 V chacun. Cela suffit amplement pour trois modules d'ampli. Avec des HP de 4  $\Omega$  et, en conséquence, une puissance supérieure, le transfo doit pouvoir fournir 2 A.

Avant de mettre un module sous tension, il faut régler P1 sur la résistance minimum. Comme

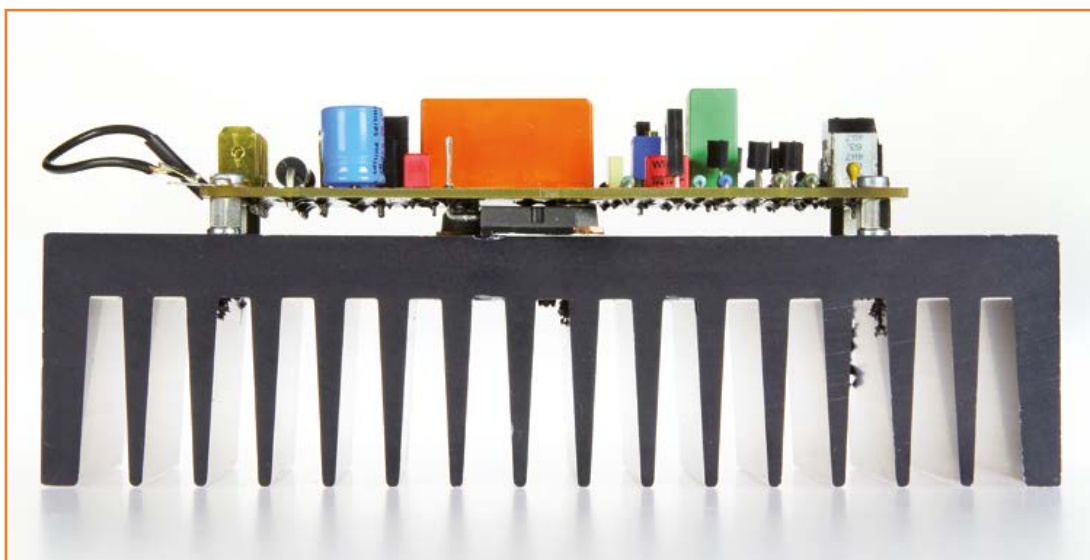
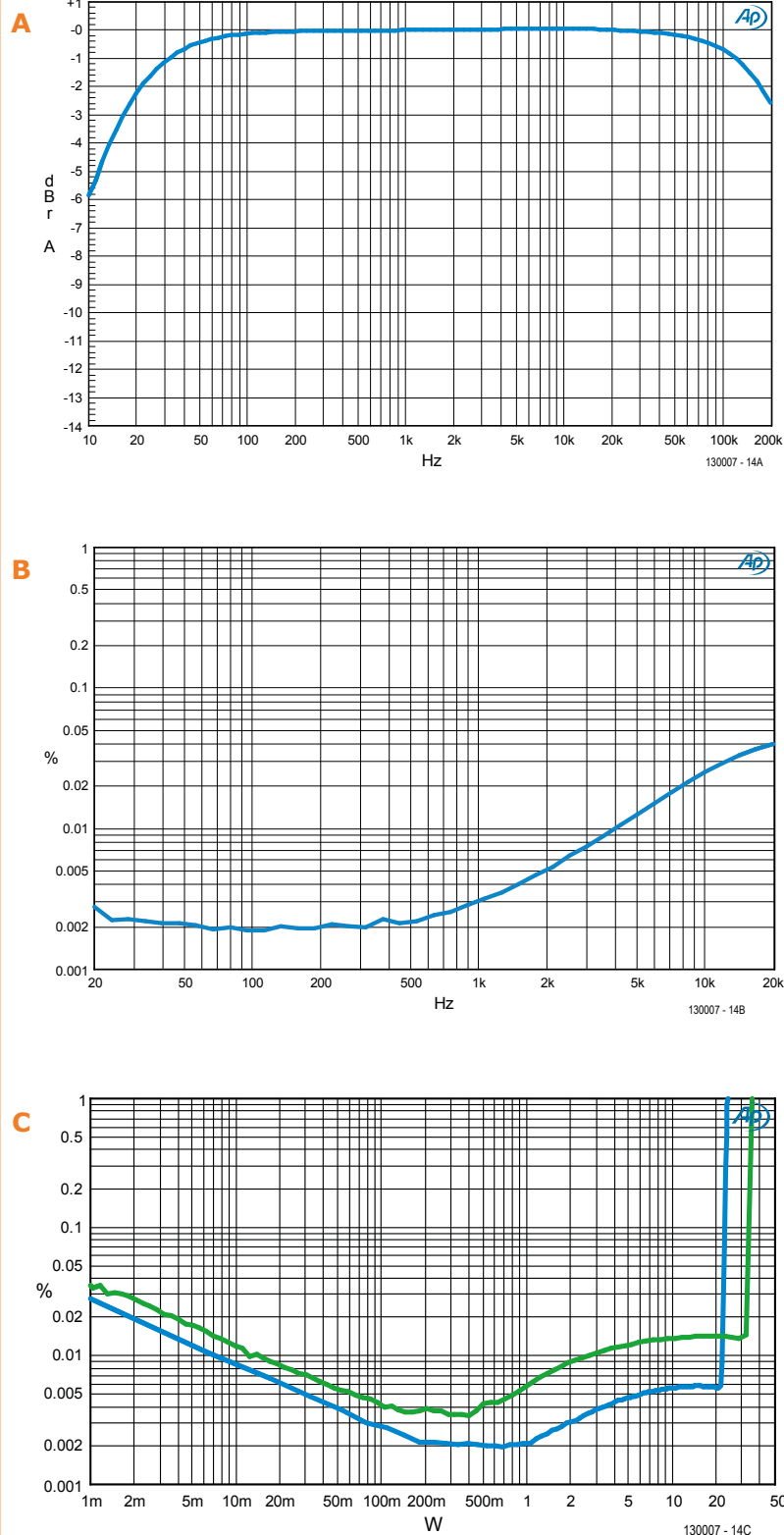


Figure 5.  
De profil, on aperçoit mieux  
la fixation précise et si  
importante des transistors  
de sortie.





mesure de précaution, il est recommandé d'utiliser une alimentation de laboratoire avec limitation de courant, ou de mettre en série dans chacune des lignes d'alimentation une puissante ampoule d'auto de 12 V. En cas de malheur, on voit la lumière plutôt que la fumée. Avec l'entrée court-circuitée, on règle le courant de repos à 90 mA. Alors, sans HP branché, la ligne positive d'alimentation débite 99 mA et la négative 101 mA. Si c'est correct et qu'en sortie, avec le relais activé, la tension reste dans la fourchette de  $\pm 50$  mV, tout va bien, vous pouvez faire un essai avec haut-parleur et signal d'entrée.

Si la tension continue en sortie est supérieure, deux solutions se présentent. Soit changer T3 ou T4 parce qu'il y a disparité de gain en courant, soit jouer sur la valeur de R2. Une valeur plus grande réduit la tension, une plus petite l'augmente. Des valeurs entre 4,7 k $\Omega$  et 33 k $\Omega$  pour R2 sont envisageables.

### Courbes

Le laboratoire Elektor a conduit des essais diligents et les mesures ont produit les belles courbes (**fig. 6**) qui témoignent de la qualité supérieure de cet amplificateur.

La courbe A, en haut, montre la bande passante de puissance à 1 W sur 8  $\Omega$ . Elle s'étend, à -3 dB, de 16 Hz jusqu'à 200 kHz. N'importe quel haut-parleur et toute salle d'écoute causeront à cette fonction de transfert une déformation bien plus forte.

La courbe B, au milieu, décrit le taux de distortion plus le bruit sur le spectre audio à 1 W sur 8  $\Omega$ . Aux fréquences inférieures, les déformations sont minimales. Au-delà de 1 kHz, la distortion augmente lentement, mais 0,04 % à 20 kHz, c'est encore excellent.

Les deux courbes du diagramme C, en bas, indiquent comment, sur charge de 4  $\Omega$  et 8  $\Omega$ , la distortion évolue avec la puissance. Sur 8  $\Omega$ , la distortion monte à partir de 1 W. Sur 4  $\Omega$ , elle

Figure 6.

Les courbes de mesure de la bande passante (A), de la distortion et du bruit en fonction de la fréquence (B) et de la distortion harmonique en fonction de la puissance (C), en vert pour 4  $\Omega$  et en bleu pour 8  $\Omega$ .



## Liens

- [1] Audio Power Amplifier Design par Douglas Self : [www.douglas-self.com/ampins/books/apad.htm](http://www.douglas-self.com/ampins/books/apad.htm)
- [2] Préamp 2012 : [www.elektor-magazine.fr/110650](http://www.elektor-magazine.fr/110650)
- [3] PCB Prototyper : [www.elektor.fr/outils/pcb-prototyper-\(100619\).1599881.lynkx](http://www.elektor.fr/outils/pcb-prototyper-(100619).1599881.lynkx)
- [4] [www.elektor-magazine.fr/130007](http://www.elektor-magazine.fr/130007)

commence au même courant et donc à la moitié de la puissance. Quand le signal commence à être écrêté, la distorsion monte en flèche au-dessus de la barre de 1 %.

## Divers

Si vous voulez tirer plus de puissance de cet amplificateur, vous pouvez augmenter sa tension d'alimentation jusqu'à 42 V. Sur 8  $\Omega$ , vous en obtiendrez facilement 60 W au prix d'une faible augmentation de la distorsion. Il faudra mettre en série avec le relais une résistance de 1 k $\Omega$  et 1 W. Comme transformateur, prenez-en un de 2  $\times$  30 V et 2 A. Les condensateurs électrolytiques devront alors avoir une rigidité diélectrique de 63 V.

J'ai poussé l'expérience jusqu'à brancher un haut-parleur de 4  $\Omega$  avec une alimentation de  $\pm 42$  V et, pour autant que le transfo puisse fournir 3 A, j'ai

atteint facilement une puissance de 100 W. Avec un programme musical ordinaire, dans lequel la puissance moyenne est bien moindre que celle de pointe (ce qui n'est pas vrai pour un ampli de guitare, par exemple !), je n'ai eu aucun souci avec le radiateur indiqué. Une puissance de pointe supérieure entraîne principalement une dynamique plus élevée et recule les limites, à partir desquelles sont écrêtées les impulsions du signal. Le circuit imprimé est doté, pour chaque tension d'alimentation, de deux connecteurs plats de manière à faciliter le raccordement en parallèle des modules. Bien entendu, comme l'ampli de grave est le plus gros consommateur, c'est lui qui doit être alimenté en premier.

(130007 – version française : Robert Grignard)





# ATmega sur l'internet

## Le Raspberry Pi comme passerelle vers le réseau

**Dieter Holzhäuser**  
(Allemagne)

Communiquer par l'internet avec un microcontrôleur, c'est simple : il suffit d'un PC en réseau ou d'un téléphone tactile, du réseau et d'un autre ordinateur relié en série à l'ATmega32. Il faut ensuite un routeur et un Raspberry Pi comme passerelle vers le réseau. Dans cette première partie, nous présentons le concept et un exemple de matériel.



Figure 1.  
Mise en œuvre pratique d'un Raspberry Pi.

Le RPi (*Raspberry Pi*) est un ordinateur Linux simple, de la taille d'une carte de crédit. Le *Model B* dispose de 512 Mo de mémoire vive et d'un port Ethernet, pour moins de 50 € (**fig. 1**). Sa sortie HDMI peut attaquer un écran, ses deux ports USB sont utilisés pour la souris et le clavier. L'alimentation est assurée par une prise micro-USB. Avec une consommation de moins de 3 W, il est assez peu gourmand pour rester sous tension en permanence. Cela n'aurait guère de sens, en effet, de chercher à communiquer par l'internet avec un ordinateur qui ne serait en marche qu'épisodiquement.

### OS et cetera

Le système d'exploitation standard actuel s'appelle *Raspbian* « wheezy ». Il est disponible gratuitement sur l'internet sous forme d'image ISO [2]. On peut aussi se le procurer pré-installé sur

une carte micro-SD, avec adaptateur SD, de 8 Go dont 6 restent libres.

Il est déjà étonnant que ce petit ordinateur puisse animer une interface graphique. Toutefois nous utiliserons ici l'interface en ligne de commande. Le programme en arrière-plan s'appelle *shell*. On accède à la ligne de commande du *shell* par *LXterminal*, ou en quittant l'interface graphique. Si on veut se passer d'interface graphique, on peut configurer pour cela l'*autostart* avec le programme *raspi-config*. On l'appelle par la ligne de commande :

```
sudo raspi-config
```

Les commandes qui ne peuvent être lancées que par le super-utilisateur (*root*) sont précédées par *sudo*. Le processus est transparent. Dans la ligne :

```
3 Enable Boot to Desktop/Scratch
sélectionner
Console Text console, requiring login
(default)
pour démarrer en ligne de commande, ou
Desktop Log in as user 'pi' at the
graphical desktop
pour lancer l'interface graphique ou
Scratch Start the Scratch programming
environment upon boot
pour lancer le logiciel de dessin et d'animation
Scratch.
```

Oui, même après que vous aurez configuré la langue de l'interface et le modèle de clavier, le programme de configuration *raspi-config* continuera à parler patois !

Si vous démarrez en ligne de commande, vous



aurez tout loisir par la suite de lancer l'interface graphique manuellement avec `startx`. La communication du *shell* avec le terminal de l'utilisateur, dit aussi console, s'effectue par l'échange de caractères ou de séquences de caractères. La position du terminal et le mode de liaison avec l'ordinateur n'ont aucune importance.

La désignation usuelle des terminaux sous Linux est « `tty` » (héritage des télétypes). On entend par là non seulement le terminal, mais aussi l'interface de l'ordinateur à laquelle il peut se connecter.

## Interface sérielle

Le terminal local, constitué par le clavier et l'écran du Raspberry Pi, n'a besoin d'aucune interface physique. Néanmoins le RPi dispose d'une interface série simple. Elle est accessible sur la barrette à deux rangées et configurée de telle façon que, lors du *boot*, un utilisateur puisse se connecter (*log in*) au *shell* par un terminal.

Ce n'est pas ce que nous voulons. Nous voulons faire communiquer par cette interface un terminal et un ATmega32. Pour cela deux conditions sont nécessaires. D'abord inhiber la configuration en console de l'interface série. Ensuite transformer le RPi en un terminal qui utilise cette

interface. Cela signifie que toutes les saisies au clavier du RPi sont transmises directement à l'interface série et que tous les caractères reçus sont affichés à l'écran.

Pour effacer la configuration existante de l'interface série, il faut modifier deux fichiers texte.

Pour le premier, nous appelons *nano* avec la ligne de commande :

```
sudo nano /etc/inittab
```

À la fin du texte se trouve une ligne similaire à celle-ci :

```
T0:23:respawn:/sbin/getty -L ttyAMA0
115200 vt100
```

Si cette ligne commence par un dièse (#), elle devient un commentaire. L'interface sérielle (l'appareil interne ttyAMA0) n'a plus rien à voir avec les entrées-sorties de la console. Fermer l'éditeur après sauvegarde du fichier.

Malgré cette intervention, les instructions de démarrage pointent toujours sur l'interface série. Pour les changer, nous appelons l'éditeur avec la ligne :

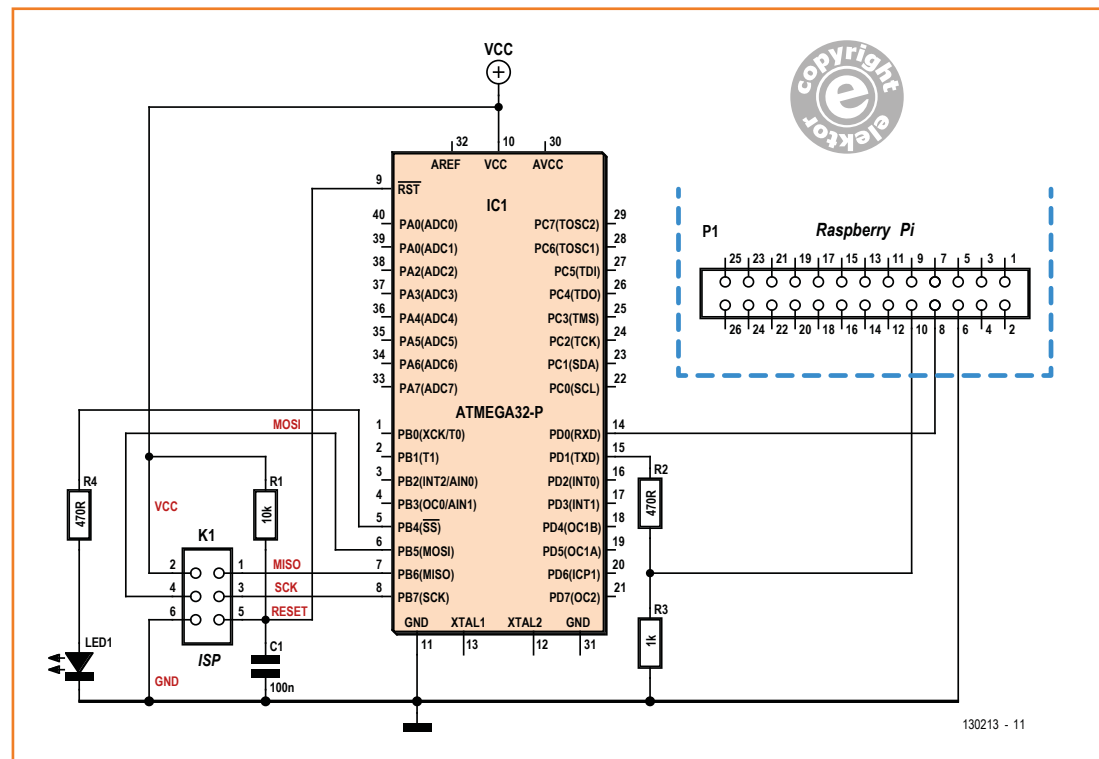


Figure 2.  
Liaison sériele entre un  
ATmega32 et un RPi.



### Listage 1: suidemo1.c

```

1  #include <avr/interrupt.h>
2  #include <avr/io.h>
3
4  #define BAUDCODE      12                      // 4.800 Baud @ 1 MHz
5  #define INITLED      DDRB = DDRB | 1<<4;
6  #define TOGGLELED    PORTB = PORTB ^ 1<<4;
7  #define ISLEDON      PORTB & 1<<4
8
9  unsigned int cycle = 500;
10 unsigned long clock = 0;
11 unsigned long old = 0;
12 unsigned char chr;
13 unsigned char ontxt [] = "\r1|5  *** ";
14 unsigned char offtxt [] = "\r1|5      ";
15 unsigned char *ptxt;
16
17 ISR ( TIMER0_COMP_vect ){                      //Interrupt Service Routine Timer
18     if ( !(clock++ % cycle) ) {
19         TOGGLELED
20         if (ISLEDON) ptxt = ontxt; else ptxt = offtxt;
21         UDR = *ptxt ;
22     }
23 }
24
25 ISR ( USART_TXC_vect ) {                      //Interrupt Service Routine Transmit
26     ptxt++;
27     if (*ptxt != 0) UDR = *ptxt;
28 }
29
30 ISR ( USART_RXC_vect ) {                      //Interrupt Service Routine Receive
31     chr = UDR;
32     if (clock - old > 50) {
33         old = clock;
34         if (chr == '5') cycle = 500;
35         else if (chr == '1') cycle = 100;
36     }
37 }
38
39 int main(void) {
40     TCCR0 = 0x08;                             // Init Timer CTC-Mode
41     TCCR0 = TCCR0 | 0x02;                     //Prescaler: 1 MHz: 8 = 125 kHz, 0x02; 16 MHz: 64 = 250 kHz, 0x03
42     OCR0 = 124;                               //Compare 1 MHz: 124; 16 MHz: 249
43     TCNT0 = 0;                               //TimerCounter on 0
44     TIMSK |= 1<<OCIE0;                       //enable CTC-Interrupt Timer0
45     UBRRH = (unsigned char) (BAUDCODE >> 8); //Init USART
46     UBRRL = (unsigned char) BAUDCODE;
47     UCSRB = UCSRB | (1<<RXEN) | (1<<RXCIE) | (1<<TXEN) | (1<<TXCIE) ;
48     sei();                                    //Enable Interrupts
49     INITLED
50     while (1) ;
51     return 0;
52 }

```



```
sudo nano /boot/cmdline.txt
```

Dans le texte qui suit :

```
dwc_otg.lpm_enable=0
console=ttyAMA0,115200
kgdboc=ttyAMA0,115200 console=tty1
root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4
elevator=deadline rootwait
```

nous retirons les références à ttyAM0.

Le résultat est :

```
dwc_otg.lpm_enable=0 console=tty1
root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4
elevator=deadline rootwait
```

Après sauvegarde du fichier, un redémarrage est nécessaire.

Un RPi fonctionne avec un émulateur de terminal, par exemple *picocom*. Il faut d'abord le télécharger et l'installer, en une seule commande :

```
sudo apt-get install picocom
```

Le processus est automatique, il n'y a rien d'autre à faire. Pour lancer le programme, il faut lui indiquer une interface :

```
picocom -b 4800 /dev/ttyAMA0
```

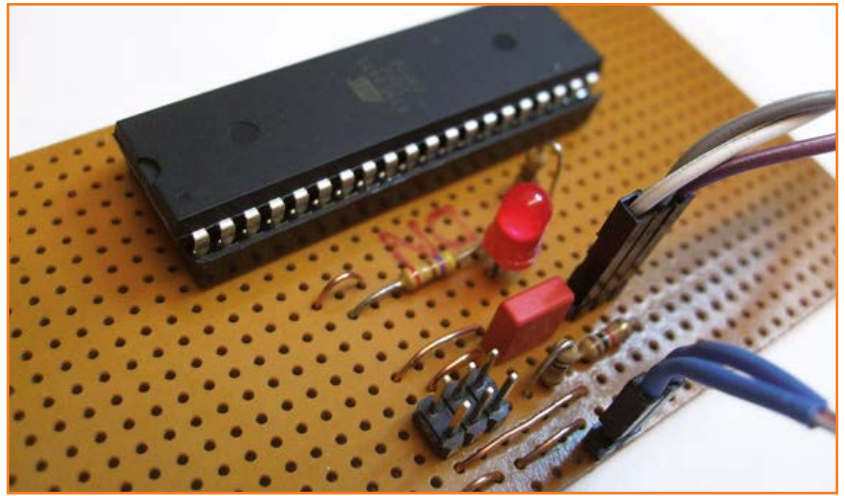
Le paramètre `-b 4800` fixe le débit, `/dev/ttyAMA0` désigne l'appareil interne du RPi. Il n'est pas nécessaire de saisir cette ligne à chaque fois, les flèches haut et bas du clavier rappellent l'« histoire » des frappes.

Pour un premier test, on court-circuite les broches 8 (TxD) et 10 (RxD) de la barrette P1 (**fig. 2**). Les caractères frappés au clavier apparaissent à l'écran. On quitte l'émulateur *picocom* avec Ctrl-A X.

## ATmega32

Pour communiquer par une liaison série, deux appareils doivent utiliser les mêmes paramètres. Dans l'interface simplifiée du RPi, on ne peut choisir que le débit. Le format et le mode sont fixés à 8 bits, pas de parité, un bit de stop, pas de contrôle du flux de données. Les paramètres par défaut de l'ATmega32 sont identiques à ceux de *picocom*. Seul le débit doit être réglé par le programme, et les broches 14 (RxD) et 15 (TxD) doivent être configurées en interface série.

Pour l'expérimentation, il est pratique de monter l'ATmega32 sur une platine perforée pastillée



(**figure 3**). Le câblage de l'entrée *Reset* suffit à le rendre fonctionnel. Le composant neuf tourne sur son horloge interne à 1 MHz.

La barrette à six broches K1 est destinée à la connexion d'un programmeur, par exemple l'AVRISP mkII. On trouvera sur l'internet [3] les directives pour l'installation d'un environnement de développement. L'entrée *Reset* est connectée à R1 et C1.

Les broches TX/RX du microcontrôleur sont reliées aux broches correspondantes de la barrette à 26 points P1 du RPi. Le diviseur de tension R2/R23 fait en sorte que le niveau du signal soit limité à 3,3 V du côté RPi. Le raccordement réclame la plus grande attention, parce qu'un RPi endommagé peut être complètement irréparable. Une LED est raccordée à la broche 5 de l'ATmega32, elle permet d'observer l'activité du petit programme en C qui suit.

## Programme de test *suidemo1.c*

Le programme *suidemo1.c* du **listage 1** est destiné à la démonstration et à l'expérimentation. À côté de la boucle principale dans la fonction *main*, il n'y a guère que trois routines d'interruption (**Interrupt Service Routines**).

Le programme fait clignoter une LED à deux fréquences différentes. Une petite interface utilisateur est réalisée à l'écran du RPi avec les caractères. Elle visualise l'état de la LED ; une saisie au clavier permet de changer la fréquence du clignotement.

Les lignes 40 à 44 initialisent le compteur *Timer0* de façon à appeler la routine *ISR TIMER0\_COMP\_*

Figure 3.  
L'ATmega32 sur une platine perforée.



vect à la fréquence de 1 kHz. Cette routine incrémente la variable *clock*, qu'on peut considérer comme l'horloge interne. C'est d'elle que découle, à l'aide de la variable *cycle*, la fréquence de clignotement de la LED (lignes 18 et 19). Le pointeur *ptxt* vise le texte qui sera envoyé par l'interface série pour afficher à l'écran du terminal le nouvel état de la LED (ligne 20). L'émission est lancée par l'écriture du premier caractère du texte dans le registre *UDR* (ligne 21).

L'envoi du reste du texte est pris en charge par la routine *ISR USART\_TXC\_vect*. Elle est appelée chaque fois que le registre à décalage d'émission est vide. C'est pourquoi la routine d'interruption ne peut se charger que du deuxième caractère et des suivants. Quand l'octet nul de fin de chaîne est reconnu, la routine s'arrête (ligne 27).

La routine *ISR USART\_RXC\_vect* est appelée chaque fois que se termine la réception d'un caractère en provenance du clavier du terminal (ligne 31). Les touches qui envoient plus d'un caractère (Shift, Ctrl...) sont reconnues à la vitesse d'arrivée des caractères. De telles séquences ne sont pas prises en compte dans le programme. Un signe est ignoré chaque fois que l'intervalle entre les appels de la routine d'interruption est manifestement plus court que celui d'une frappe manuelle (ligne 32). Seules les touches 1 et 5 ont un sens. Elles changent la valeur de la variable *cycle* et la fréquence de clignotement de la LED (lignes 34 et 35).

Pour fonctionner, l'interface série doit avoir été initialisée (lignes 46 à 48). Pour fixer le débit, on écrit dans la paire de registres *UBRRH-UBRRL* un nombre qui dépend de la fréquence de l'horloge (voir la feuille de caractéristiques de l'ATmega32 [4]). Avec une horloge à 1 MHz, l'interface série peut être cadencée à 4800 bauds au maximum. Il reste à configurer des bits de façon à activer l'émission, la réception et les interrup-

tions. Après une remise à zéro de la puce, les bits du registre *UCSRC (Control & Status)* correspondent au format souhaité.

La boucle sans fin de la ligne 50 maintient le programme en activité. Le programme n'est commandé que par les interruptions du *Timer0* et le clavier du terminal.

L'interface utilisateur série réagit seulement aux touches 1 et 5. De plus, elle montre sur une seule ligne à l'écran du terminal l'état actuel de la LED. Quand elle est allumée, la ligne a cet aspect :  
115 \*\*\*

Nous avons réalisé une télécommande qui permet de piloter un ATmega32 par une interface série. Nous démontrerons dans la prochaine partie de notre mini-série comment incorporer dans un réseau local (LAN) la combinaison RPi + ATmega32 et la commander par l'internet de n'importe où dans le monde.

(130213 – version française : Jean-Paul Brodier)

### Liens ouèbe

[1] Site de l'auteur : [www.system-maker.de](http://www.system-maker.de)

[2] Téléchargement de Raspian wheezy : [www.raspberrypi.org/download](http://www.raspberrypi.org/download)

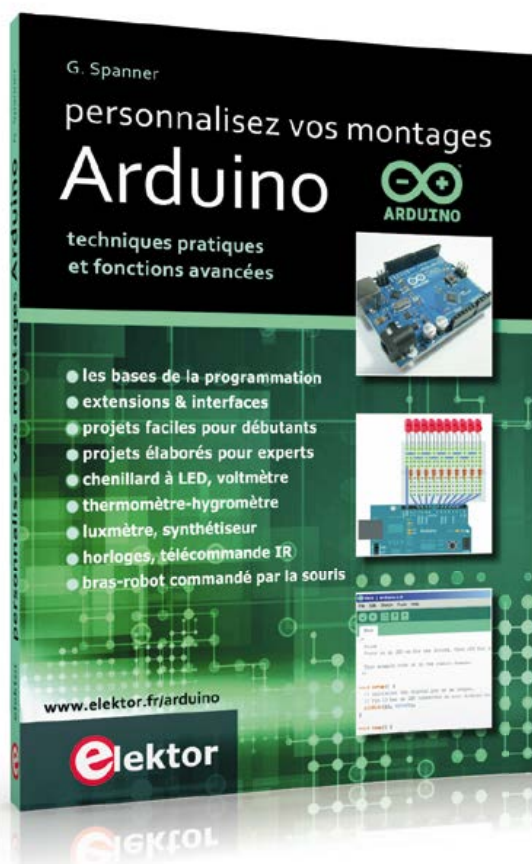
[3] Manuel de l'IDE et du programmeur : [www.system-maker.de/avr.html](http://www.system-maker.de/avr.html)

[4] Feuille de caractéristiques de l'ATmega32 : [www.atmel.com/devices/atmega32.aspx](http://www.atmel.com/devices/atmega32.aspx)

[5] Page de l'article sur le site Elektor : [www.elektor-magazine.fr/130213](http://www.elektor-magazine.fr/130213)

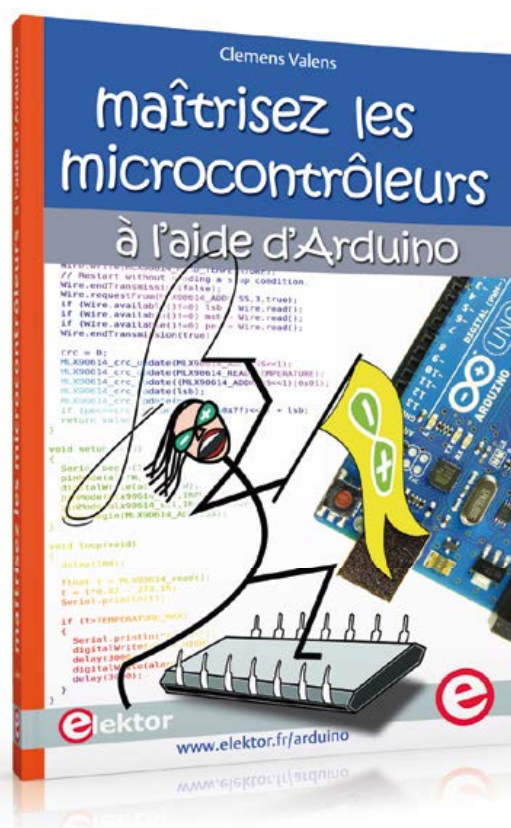


# Changez de loisirs, devenez dresseur de puces !



Ce livre vous emmène à pas guidés vers la maîtrise des techniques essentielles d'Arduino. La route a été soigneusement tracée : projets regroupés par thème, bases théoriques mais approche toujours concrète.

Des montages Arduino étudiés spécialement pour se débarrasser de ses amis et de sa famille et pour se retrouver enfin seul et libre de passer tout son temps à apprendre la programmation des microcontrôleurs !



Également disponibles:

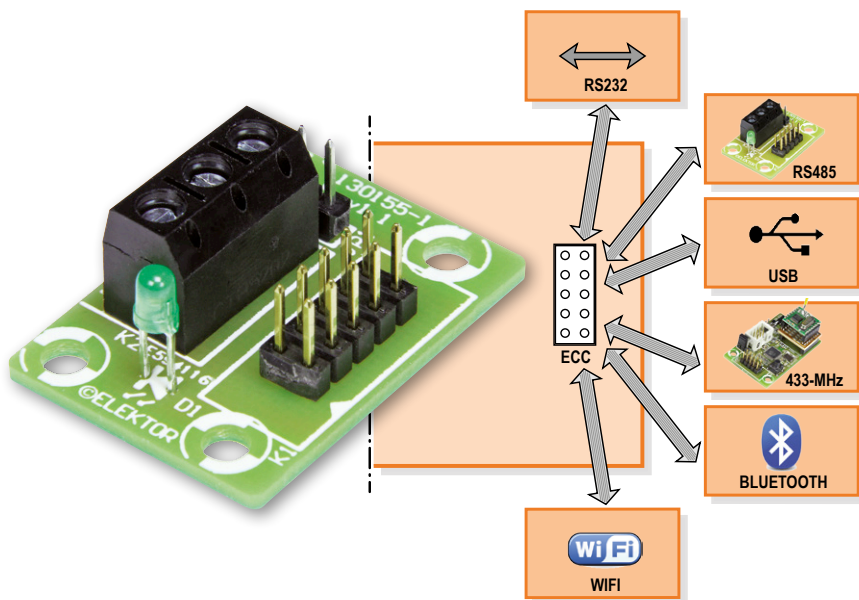


[www.elektor.fr/arduino](http://www.elektor.fr/arduino)



# module UART

## interfaces interchangeables grâce à l'*Embedded Extension Connector* d'Elektor



Qui veut ou peut encore se passer d'interface de périphérique comme RS-232, USB ou Bluetooth ?

Le développeur qui utilise des petits modules d'interfaces prêts à l'emploi gagne un temps précieux et obtient un projet malléable. Ajoutez un connecteur normalisé pour le relais du signal UART, et l'interchangeabilité de votre module sera garantie. Nous proposons ici une telle spécification, et présentons un premier module pour la robuste communication RS-485.

D'autres suivront.

**Jens Nickel**  
(Elektor)

Combien et quels périphériques doit-on mettre sur une carte à microcontrôleur que l'on développe à des fins d'évaluation ou de prototypage ? Trop peu, et l'utilisateur n'aura peut-être pas les fonctions qu'il attendait. Trop, et la carte sera encombrante et chère. Une solution est de n'équiper la carte qu'avec des fonctions périphériques indispensables, p. ex. une ou deux LED de test, et d'ajouter des connecteurs d'extension câblés avec les interfaces du  $\mu$ C, telles SPI, I<sup>2</sup>C ou UART. L'utilisateur pourra alors relier diverses cartes d'extension à ces connecteurs.

L'électronicien pourrait développer sa propre série de cartes d'extension pour une cible particulière de cartes à  $\mu$ C. Il est toutefois préférable de s'en tenir à des connecteurs d'extension dont la spécification est connue. Reste alors uniquement à s'assurer que chaque broche possède la même fonction logique et les mêmes caractéristiques électriques (niveaux de tension, courant admis-

sible) que celle de la référence choisie. Rien de plus simple ensuite que de recourir à une des cartes d'extension existantes.

La spécification Arduino illustre bien cette approche. De plus en plus de fabricants proposent des cartes équipées de connecteurs à brochage « Arduino » dans lesquels on peut enficher aujourd'hui une bonne centaine de cartes d'extension, ou *shields*.

Lorsqu'on développe un prototype, il peut toutefois être plus judicieux de ne pas enficher les extensions, mais de les relier à la carte-mère à l'aide d'un câble en nappe. Les côtés du boîtier sont ainsi plus faciles à atteindre. Cet aspect prend tout son intérêt avec les cartes d'extension qui implantent des interfaces utilisateur (boutons, LED, afficheurs) ou des connexions de périphériques (UBS, LAN, RS-485). Évoquons p. ex. le connecteur GnuBlin (*Embedded Extension Connector*, ou EEC), publié il y a quelques



mois et qui permet de transmettre des signaux SPI, I<sup>2</sup>C, analogiques et numériques, via une embase à 2 x 7 contacts [1]. Il équipe également la carte *Xmega Webserver* [3], à laquelle il est donc possible de relier diverses cartes d'extension [2] conçues pour la carte Linux Elektor ; d'autres cartes à µC suivront.

### Un connecteur pour RX/TX

Le connecteur EEC ne peut pas transmettre de signaux UART. L'interface UART est une interface série asynchrone (sans ligne d'horloge, elle n'a que deux lignes de données pour les bits entrants et sortants) encore souvent adoptée pour la communication entre cartes ou entre périphériques. Elle est relativement robuste, peu contraignante pour celui qui conçoit la carte ou le connecteur, et simple à utiliser depuis un programme. Chaque fabricant de microcontrôleurs fournit un pilote pour l'unité matérielle UART de sa puce, ainsi que des exemples de dialogues. De nombreux langages de programmation, BASCOM ou le C d'Arduino par exemple, disposent par ailleurs de commandes pour envoyer et recevoir des caractères via UART.

De nombreux composants périphériques permettent en outre de faire communiquer entre eux différents dispositifs. Ces composants reconnaissent les signaux UART et les convertissent dans un autre format. C'est ce que font les pilotes RS-485 et RS-232, ainsi que les convertisseurs USB/UART, le FT232 p. ex. Il existe également des puces et des modules pour Bluetooth, WLAN, etc. L'électronicien qui place ces composants sur une

petite carte d'extension et utilise un connecteur standard pour la transmission des signaux UART peut alors équiper sa carte à µC avec diverses interfaces.

### Alimentation 5 V

La **figure 1** montre la spécification que nous proposons pour un tel connecteur. Nous l'avons appelé *Embedded Communication Connector* (ECC). La carte à microcontrôleur et la carte d'extension possèdent chacune une embase à 2 x 5 contacts que relie un câble en nappe. Les broches indispensables à la communication sont les broches RX, TX, et GND. Les signaux numériques sont transmis sur deux autres lignes (GPIOA et GPIOB) qui servent à la commande du module périphérique ; y transiteront p. ex. un contrôle de flux ou une commande de communication semi-duplex (RS-485). La broche VCON permet de transmettre une tension de +5 V et ainsi d'alimenter les cartes d'extension via la carte à microcontrôleur ( $V_{CON} = V_{CONTROLLER}$ ). À contre-courant de la tendance générale suivie par l'électronique, et contrairement au connecteur EEC/Gnublin mentionné ci-dessus, nous avons préféré ici le 5 V au 3,3 V, et opté pour une compatibilité de 5 V des lignes de données et de commande. L'exemple USB montre que cette tension est couramment utilisée par les périphériques pour leur communication, et de nombreux pilotes RS-232 et RS-485 travaillent eux aussi sous 5 V.

La broche VIN ( $V_{IN}$ ) placée à l'angle opposé permet d'alimenter une carte à µC depuis une autre carte. Cette possibilité est intéressante pour les

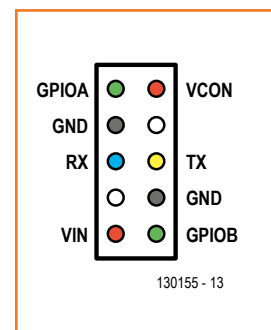
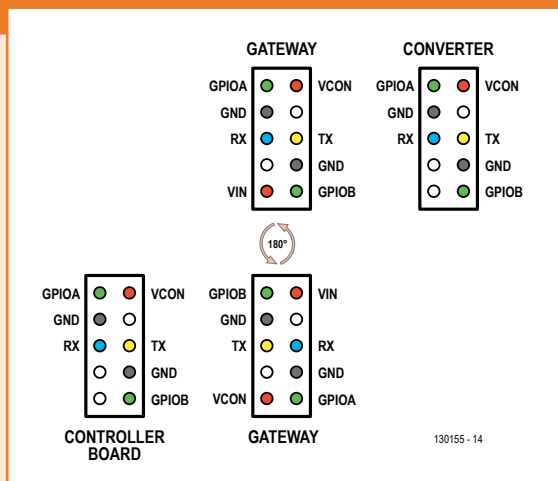


Figure 1.  
Outre RX et TX, l'ECC relaie également deux signaux numériques pour la commande du module de l'interface.

## Communication contrôleur-contrôleur

Contrairement à un « bête » convertisseur, une passerelle (comme celle que nous présenterons prochainement et qui servira de pont aux signaux d'un UART et d'une transmission radio à 433 MHz) comprend un µC qui exécute un programme. L'ECC permet de relier un module périphérique (notre pilote RS-485 p. ex.) à une telle passerelle, qui elle-même peut être reliée à une carte à µC en tant que périphérique. Une passerelle peut alimenter un module périphérique via la broche VCON, et peut à son tour être alimentée par un µC via la broche VIN. Si l'on utilise un câble en nappe pour la liaison à la carte, il suffit de tourner de 180° le connecteur de la passerelle pour que la broche VCON de la carte à µC soit reliée à la broche VIN de la passerelle. Les signaux RX et TX seront alors eux aussi intervertis, et le contrôleur de la carte principale et la passerelle pourront dialoguer entre eux.





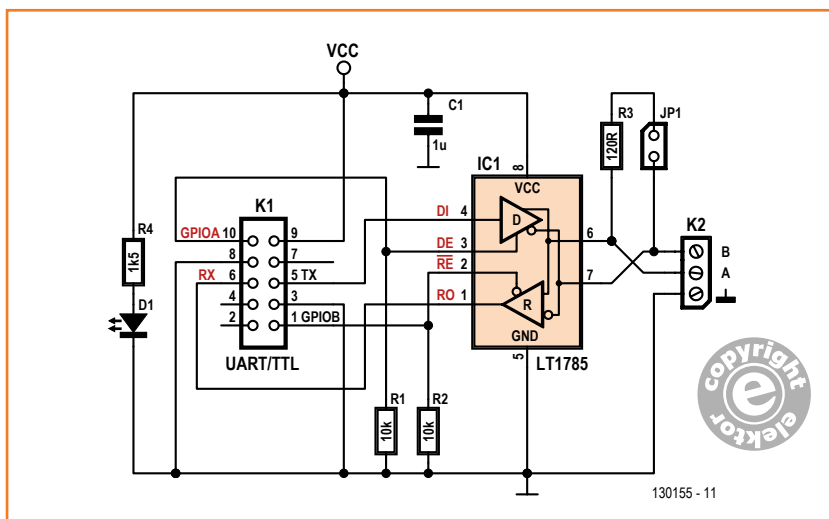


Figure 2.  
Le circuit du premier module ECC est construit autour du pilote LT1785 pour interface RS-485.

passerelles (*gateways*), donc les cartes d'extension, qui sont elles-mêmes équipées d'un microcontrôleur (voir l'**encadré**). Les deux broches non spécifiées qui complètent ce brochage peuvent bien sûr être utilisées librement.

### Pilote RS-485

Nous avons développé un petit module-pilote RS-485 pour inaugurer la première utilisation d'ECC sur une carte d'extension. Ce module permet de doter une carte à  $\mu C$  d'une interface RS-485, et ainsi d'établir une communication qui reste fiable même sur de longues dis-

tances. RS-485 convient particulièrement bien à une structure de bus : plusieurs participants sont reliés aux lignes communes A et B et communiquent à travers elles (un seul participant à la fois peut « parler »).

La **figure 2** montre le schéma du module RS-485. Le composant central est le LT1785 de Linear Technology [4], un pilote déjà à l'œuvre sur la carte ElektorBus [5]. Il convertit le signal TX TTL-UART en différences de tension entre les lignes A et B. Les bits reçus sont délivrés au format TTL-UART via la broche RO. Les entrées  $\overline{RE}$  et DE commandent la communication semi-duplex et sont ici mises au niveau bas par des résistances de rappel. Un niveau haut sur DE signifie que les bits à émettre sont effectivement envoyés sur les lignes. L'entrée  $\overline{RE}$  doit être mise au niveau bas pour recevoir un message. Une méthode éprouvée consiste à mettre au niveau haut les entrées  $\overline{RE}$  et DE avant l'envoi des caractères ; le composant se met à l'écoute des autres participants lorsqu'on remet ensuite les deux broches au niveau bas. La broche GPIOA du connecteur ECC est reliée à DE, GPIOB à  $\overline{RE}$ .

Le cavalier JP1 permet de mettre en circuit une résistance de terminaison R3 de 120  $\Omega$  pour terminer en bonne et due forme un bus RS-485 (dans le cas du LT1875, s'il s'agit donc du premier ou du dernier composant de la chaîne RS-485). Les lignes A et B se relient au bornier. Le potentiel de masse commun est indispensable pour éviter les bits fantômes, comme nous l'avions expliqué dans *Le bus arrive* (5) [6]. La LED témoin D1 indique que la carte d'extension est bien connectée.

La carte routée par Elektor contient une large proportion de composants CMS sur son envers, ce qui donne un module compact. Juste assez pour que l'implantation des composants ne pose toutefois aucun problème. Si vous préférez un circuit prêt à l'emploi, un module assemblé vous attend sur l'e-shoppe [7].

### Côté microcontrôleur

Nous devrions voir peu à peu s'agrandir une petite ménagerie de cartes d'extension : le labo d'Elektor planche actuellement sur une passerelle à 433 MHz qui transmet par radio les caractères reçus par UART (et réciproquement). D'autres modules sont dans les cartons.

## Liste des composants

### Résistances (CMS, 0805, 125 mW) :

R1, R2 = 10 k $\Omega$ , 5 %  
R3 = 120  $\Omega$ , 5 %  
R4 = 1,5 k $\Omega$ , 5 %

### Condensateurs (CMS 0805) :

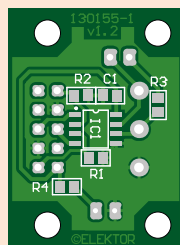
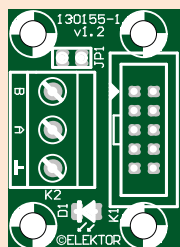
C1 = 1  $\mu F$ , 10 V, 10 %, X7R

### Semi-conducteurs :

D1 = LED verte 3 mm (faible consommation), montage traversant  
IC1 = LT1785CS8#PBF (SO-8)

### Divers :

K1 = embase 2x5 contacts, au pas de 2,54 mm  
K2 = bornier à trois contacts, au pas de 5,08 mm  
JP1 = embase 2x1 contacts + cavalier, au pas de 2,54 mm  
circuit imprimé 130155-1 v1.2  
ou  
130155-91 module assemblé et testé





Il manque encore LA carte à microcontrôleur qui serait équipée d'un connecteur ECC et disponible à la vente un peu partout. Puisque les cartes Arduino pullulent, pourquoi ne pas relier entre eux le meilleur des deux mondes ? Au labo Elektor, nous concevons justement une carte d'extension pour expérimenter et réaliser des prototypes avec des cartes à  $\mu\text{C}$  compatibles avec les spécifications Arduino (que leur alimentation soit de 3,3 V ou de 5 V). Ce *shield* sera équipé de deux LED, de deux boutons, d'un potentiomètre, d'un connecteur EEC et, bien évidemment, d'un connecteur ECC.

Nous n'avons pas encore cette carte (**fig. 3**), mais il est possible de faire des essais avec un *shield* pour Arduino Uno. Nous l'avons assemblé sur une plaque d'expérimentation. La face de dessous contient les barrettes de broches à enficher dans les barrettes à contacts de la carte Arduino. Notez que l'écart entre les barrettes de broches supérieures gauche et droite ne vaut hélas pas exactement « 1 trou ». Cela dit les broches numériques 8 à 13 ne nous sont d'aucune utilité ici. La **figure 4** montre comment relier les composants du *shield* (1 barrette 2 x 5 broches, 2 boutons, et 1 potentiomètre) aux broches Arduino.

### Programme d'exemple

Effectuons un premier test rapide à l'aide d'une carte Uno et de notre *shield* maison. Un programmeur est inutile ici, le chargeur de démarrage préprogrammé de la Uno permet de charger un programme dans le microcontrôleur directement depuis l'EDI Arduino [8]. Nous connectons donc la Uno à un PC via un câble USB, qui de surcroît alimente la carte. Nous relierons ensuite la carte RS-485 au connecteur ECC du *shield* via un câble en nappe à 10 contacts. La Uno est maintenant bien pourvue d'une interface RS-485, mais nous avons encore besoin d'un participant RS-485 pour le test. Notre PC se porte volontaire. Nous le dotons donc d'une liaison RS-485 grâce au populaire convertisseur USB/RS-485 d'Elektor [5]. Nous pouvons ensuite relier notre module RS-485-ECC à ce convertisseur via les trois lignes A, B et GND, puis à nouveau relier ce même convertisseur au PC via USB. Vous pouvez voir le montage final sur la **figure 5**. Tout est prêt pour l'envoi de caractères de la Uno au PC. Nous regarderons le résultat de la transmission sur le *Moniteur série* de l'EDI Arduino.

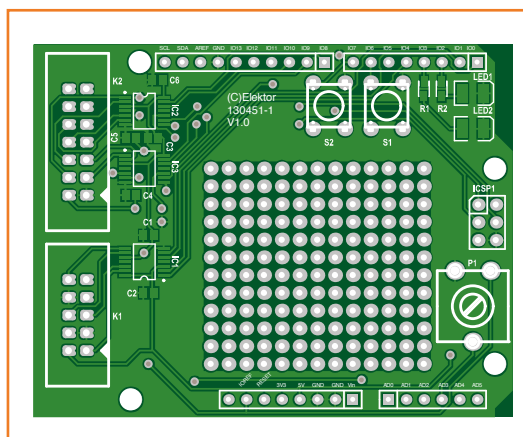


Figure 3.  
Nous présenterons bientôt un *shield* pour les cartes compatibles avec Arduino qui sera lui aussi équipé d'un connecteur ECC.

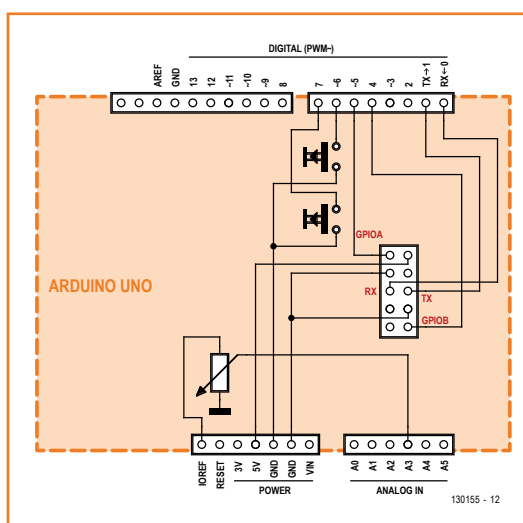
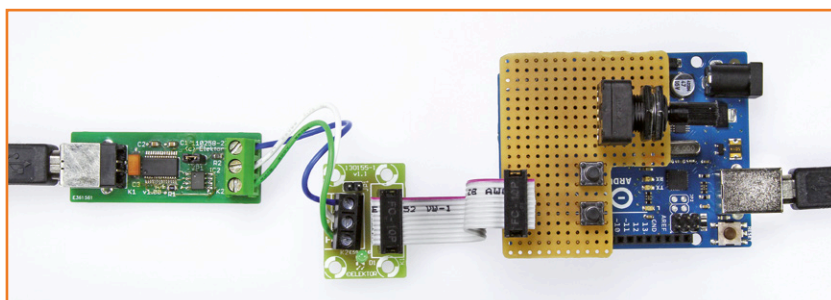


Figure 4.  
Pour nos premiers essais avec la Uno, nous avons assemblé ce *shield* très simple.

L'EDI Arduino contient de nombreux programmes d'exemple. L'un d'eux nous est fourni quasiment tout cuit : *AnalogReadSerial*. Ce « croquis » échantillonne en continu la valeur de la tension appliquée sur la broche analogique A0 et la transmet via l'interface série. Notre potentiomètre est toutefois relié à A3, pas à A0. N'oublions pas non plus que nous devons mettre l'entrée DE du pilote RS-485 au niveau haut. Et puisque nous ne vou-

Figure 5.  
La carte Uno (et son *shield* maison) équipée d'une interface RS-485. Pour nos essais de communication, le convertisseur RS485/USB d'Elektor a permis de transformer un PC en station distante.





lons rien recevoir durant l'émission, nous mettons également l'entrée RE au niveau haut. Ces deux entrées sont respectivement exploitées via les broches GPIOA et GPIOB de l'ECC, elles-mêmes reliées aux broches numériques 5 et 4 de l'Arduino. Les modifications apportées au programme original sont regroupées dans le **listage 1**. Le code peut bien entendu être téléchargé depuis la page Elektor associée à cet article [7].

La carte RS-485 ne doit pas être connectée lors du chargement du programme dans la Uno, car l'UART du microcontrôleur est utilisé pour la programmation via le chargeur de démarrage. Une fois la programmation terminée, nous relierons la carte RS-485 à la Uno, sans oublier de paramétrer dans l'EDI l'interface COM affectée au convertisseur USB/RS-485. Le *Moniteur série* devrait afficher une valeur comprise entre 0 et 1023, selon le réglage du potentiomètre (**fig. 6**).

### Commander, mesurer, réguler

Nous avons écrit un programme un peu plus élaboré que le précédent à l'aide de la bibliothèque de micrologiciels embarqués EFL (*Embedded Firmware Library*). Le code de ce programme est lui aussi disponible en [7]. Nous y avons incorporé tous les fichiers, il n'est donc plus nécessaire de télécharger la base de code EFL complète ; le

projet y gagne en outre en clarté. Cliquez sur le fichier *ArduinoRS485.atsIn* pour ouvrir le projet dans Atmel Studio 6.

Nous avons déjà évoqué le rôle du « fichier C pour le microcontrôleur » (*ControllerEFL.c*, dossier *Hardware*) lorsque nous avons présenté la bibliothèque EFL [9]. Nous avons programmé un nouveau « fichier C pour la carte » (*BoardEFL.c*), très court, pour la carte Uno « nue ». De fait ne se trouvent en effet sur la Uno qu'une LED et le connecteur d'extension. La fonction *Board\_Init* enregistre les broches correspondantes dans les tableaux *Blockpin* et *Boardpin*, et définit les broches du bloc de LED (un seul ici) comme des sorties.

Le code du « fichier de carte d'extension » (*Extension.c*) est intéressant : il représente le câblage du *shield* ainsi que celui de notre petite carte RS-485. Y sont initialisées les entrées numériques pour les boutons, l'interface UART, ainsi que le CAN pour la scrutation du potentiomètre. Ce ne sont bien évidemment pas les broches des ports du contrôleur qui sont utilisées ici, mais celles du connecteur d'extension. Si donc notre *shield* maison est exploité sur une autre carte à microcontrôleur compatible avec Arduino, son code pourra être réutilisé à l'identique.

#### Listage 1 : AnalogReadSerial via RS-485 (extrait)

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
    // initialize serial communication at 9600 bits per second:
    Serial.begin(9600);

    pinMode(5, OUTPUT);    // set the pin 5 = ECC-GPIOA = RS485-DE to Output
    pinMode(4, OUTPUT);    // set the pin 4 = ECC-GPIOB = RS485-/RE to Output
    digitalWrite(5, HIGH); // set the pin 5 = ECC-GPIOA = RS485-DE to HIGH-level
    digitalWrite(4, HIGH); // set the pin 4 = ECC-GPIOB = RS485-/RE to HIGH-level
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
    // read the input on analog pin 3:
    int sensorValue = analogRead(A3);
    // print out the value you read:
    Serial.println(sensorValue);
    delay(1);           // delay in between reads for stability
}
```



À l'œuvre dans les couches logicielles, les fonctions des bibliothèques *UARTInterfaceEFL*, *ADC-SimpleEFL* et *LEDButtonEFL* permettent elles aussi d'établir un dialogue simple avec les blocs de périphériques. La bibliothèque *BlockProtocolEFL*, que nous avons présentée en détail dans un article précédent [10], recourt à un protocole ASCII simple qui permet de commander des cartes Arduino depuis un PC. Les commandes de cette *BlockProtocol* (ex. de commande : faire clignoter la LED d'un bloc) peuvent être lancées depuis un terminal virtuel. Comme c'est la bibliothèque qui effectue le travail d'écoute et d'exécution de ces commandes, le programme principal est court, et bien sûr indépendant du matériel. Dans notre programme de test, la LED change d'état lorsqu'un des boutons est activé.

Le programme EFL compilé doit être chargé dans l'Arduino depuis Atmel Studio 6 à l'aide d'un programmeur (le chargeur de démarrage sera écrasé ; si nécessaire vous pourrez le réinstaller depuis l'EDI Arduino avec un programmeur). La **figure 7** montre comment paramétrer l'émulateur de terminal.

La commande `L 0 0 + <ENTRÉE>` allume la LED de l'Arduino, `L 0 0 - <ENTRÉE>` l'éteint. La commande `B 0 0 ? <ENTRÉE>` demande l'état du premier bouton du *shield*, `A 0 0 # <ENTRÉE>` nous renvoie la valeur CAN (la position du potentiomètre). Appuyer une nouvelle fois sur `<ENTRÉE>` répète la dernière commande. Vous n'aurez aucun mal à adapter l'ensemble à un *shield* qui par exemple transmet des valeurs de mesure et commute des sorties numériques. Grâce à RS-485, les lignes de 30 m et au-delà ne sont plus un problème.

(130155 – version française : Hervé Moreau)

## Liens

- [1] [www.elektor-magazine.fr/130212](http://www.elektor-magazine.fr/130212)
- [2] [www.elektor.fr/gnublin](http://www.elektor.fr/gnublin)
- [3] [www.elektor-magazine.fr/120126](http://www.elektor-magazine.fr/120126)
- [4] [www.linear.com/product/LT1785](http://www.linear.com/product/LT1785)
- [5] [www.elektor-magazine.fr/110258](http://www.elektor-magazine.fr/110258)
- [6] [www.elektor-magazine.fr/110225](http://www.elektor-magazine.fr/110225)
- [7] [www.elektor-magazine.fr/130155](http://www.elektor-magazine.fr/130155)
- [8] [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- [9] [www.elektor-magazine.fr/120668](http://www.elektor-magazine.fr/120668)
- [10] [www.elektor-magazine.fr/130154](http://www.elektor-magazine.fr/130154)

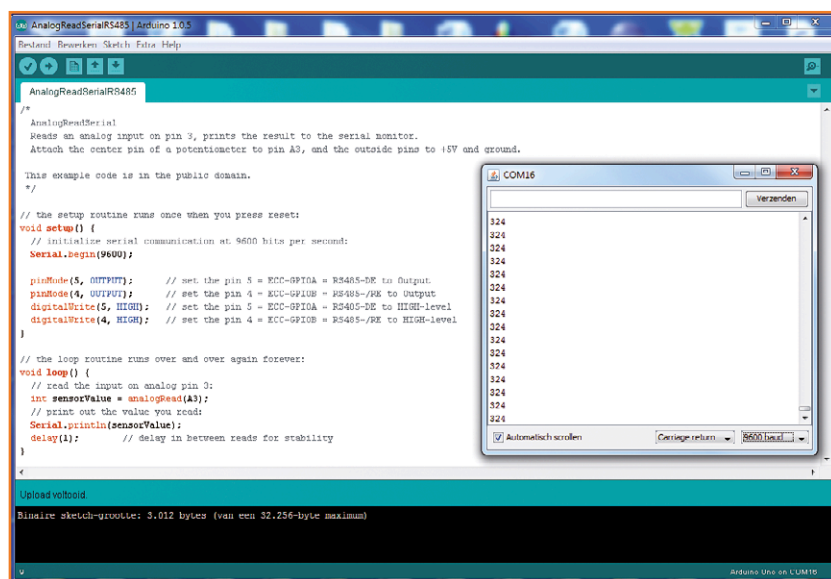
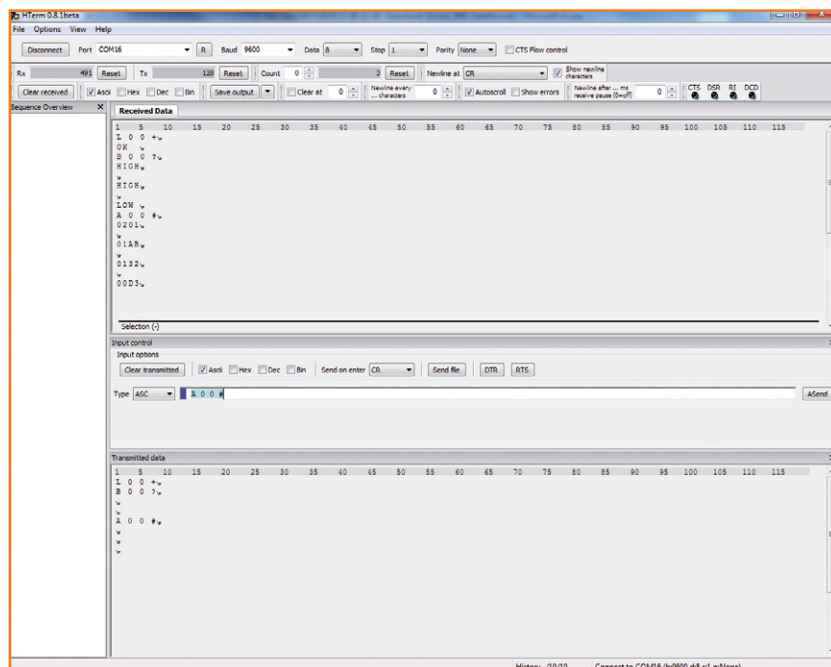


Figure 6.  
La version légèrement modifiée du croquis *AnalogReadSerial* fourni par l'EDI Arduino.

Figure 7.  
Avec la bibliothèque *BlockProtocol*, il suffit d'un émulateur comme HTerm pour demander une valeur de mesure.





# connect the magic

## Présentation du WIZnet W5500

Tom Cantrell (États-Unis)



Êtes-vous prêt à rejoindre la révolution de l'Internet des Objets (IdO) ? Concevez un projet innovant, forcément relié à l'internet, et participez au défi *Connect the Magic* de WIZnet. Pour commencer, profitez de cette présentation détaillée de la puce Ethernet intelligente W5500 et du module WIZ550io de WIZnet.

La révolution microélectronique entre dans une nouvelle phase. De plus en plus populaires, les ordinateurs monocarte (SBC pour *single board computer*)

permettent à tout un chacun (*ah, vous n'avez pas encore essayé ?*) de créer sa propre application embarquée. Comme par magie, ces plateformes transforment leurs utilisateurs en concepteurs. Leurs microcontrôleurs partagent tous certaines caractéristiques. Le matériel lui-même est bon marché et il existe toute une gamme de produits additionnels ; les outils (compilateur et EDI) sont gratuits, faciles à utiliser et, c'est le plus important, il existe une communauté autosuffisante qui partage les connaissances au bénéfice de tous. J'ai eu le plaisir de travailler avec des plateformes populaires comme *Arduino*, le *LaunchPad* de *Texas Instruments*, l'*ARM mbed*, *Parallax*, et d'autres (**fig. 2**). Toutes facilitent la production d'applications étonnamment sophistiquées. Ça va vite et en plus c'est amusant. Toutes sont portées par des groupes d'utilisateurs actifs qui regorgent

de ressources utiles (outils, exemples, conseils). Voici venu le temps de relier tous ces gadgets à l'Internet des Objets. Entrez dans le monde de WIZnet et de leur toute dernière puce Ethernet intelligente. La W5500 (**fig. 1**) comprend évidemment une interface Ethernet 10/100 (MAC et PHY) mais également de grands tampons de RAM (16 Ko en émission et réception) et un traitement matériel du protocole TCP/IP [9].

Ma découverte de la première puce de WIZnet, la W3100, date de... 2001 [1] ! Bien entendu, comme pour tout ce qui est silicium, la nouvelle W5500 est meilleure, plus rapide et coûte moins cher, mais le concept est resté le même : permettre de relier des applications à l'internet en prenant en charge tous les aspects réseau en matériel afin d'en soulager le logiciel du microcontrôleur de votre application.

Les gros tampons aident à découpler le  $\mu C$  des activités réseau. Dans un projet récent [2], j'ai utilisé la RAM pour recevoir une page web entière de plus de 10 Ko, ce qui éliminait complètement le besoin pour le  $\mu C$  de gérer les données à la vitesse du réseau. Parmi les 32 Ko de RAM intégrée, tout ce que vous n'utilisez pas pour le réseau reste libre pour votre application, un bienfait pour les  $\mu C$  habituellement limités par leur propre RAM.

Un autre avantage majeur de la puce WIZnet est sa gestion matérielle de TCP/IP à travers des adresses IP, *sockets* et des commandes familières telles que OPEN, CONNECT, SEND, RECEIVE, DISCONNECT. L'interface de haut niveau avec le réseau libère des cycles machine et de l'espace mémoire sur le  $\mu C$  qui en aurait sinon besoin pour une pile TCP/IP logicielle.

### Challenge WIZnet Connect the Magic

3 mars 2014 – 3 août 2014

Visitez [CircuitCellar.com/wiznet2014](http://CircuitCellar.com/wiznet2014) :

- Demandez des modules WIZ550io gratuits
- Apprenez comment participer
- Lisez les règles
- Rêvez sur les prix
- Et plus...





## Tout-en-un

Le WIZ550io (**fig. 3**) est un module intégré qui fournit tout pour se connecter.

Le reliair à votre microcontrôleur favori sera aisé. Il n'y a que le SPI (MISO, MOSI, SCLK, SCSn), trois lignes de commande/état (RESETn, RDY, INTn) et l'alimentation à relier. Les signaux dont le nom se termine par *n* sont actifs au niveau bas. Le WIZ550io s'alimente en 3,3 V, mais ses entrées tolèrent le 5 V.

Idéalement il faudrait que votre processeur possède un port SPI matériel capable de tirer avantage de la grande vitesse du SPI du module WIZnet (jusqu'à 80 MHz). Dans le cas contraire vous pourrez toujours faire du *bit banging* grâce aux tampons de RAM de la W5500 qui lui permettent de s'accommoder d'un lien lent avec le µC.

Pour ce qui est des trois lignes de commande, vous pouvez les relier ou non, en fonction de votre application.

RESETn commande une remise à zéro matérielle du module, mais habituellement la remise à zéro automatique à la mise sous tension suffit. Vous pourrez aussi, après avoir fait le nécessaire (enregistrer les paramètres de réseau actuels), demander une r. à z. logicielle.

Après une remise à zéro matérielle (mise sous tension ou RESETn), la sortie RDY s'activera une fois l'initialisation du module terminée (comptez 50 ms). Plutôt que d'utiliser une broche pour surveiller RDY, vous pourrez utiliser une temporisation logicielle au démarrage de l'application. La broche INTn sera utile à qui désire utiliser les interruptions. On peut choisir par logiciel les événements (transfert de données, déconnexion de *socket*, perte du lien, etc.) qui déclencheront une interruption. Comme la W5500 prend en charge la plupart des activités de réseau, vous n'en aurez pas besoin en fonctionnement normal. Vous pourrez gérer le réseau en tâche de fond et garder les interruptions pour les tâches en temps réel qui en ont vraiment besoin.

Combien de fois a-t-il fallu approcher de la fin d'un projet pour vous rendre compte qu'il vous manque une ligne d'E/S ? La W5500 permet, en option, des transferts de taille fixe sur le SPI en reliant simplement l'entrée de sélection de puce (SCSn) à la masse. Cependant, ce mode ne prend en charge que les courts transferts (1, 2, ou 4 octets), et pas les transferts de taille arbitraire qui nécessitent SCSn. Ne l'utilisez donc qu'en ultime ressort si vous devez vraiment libérer une broche.

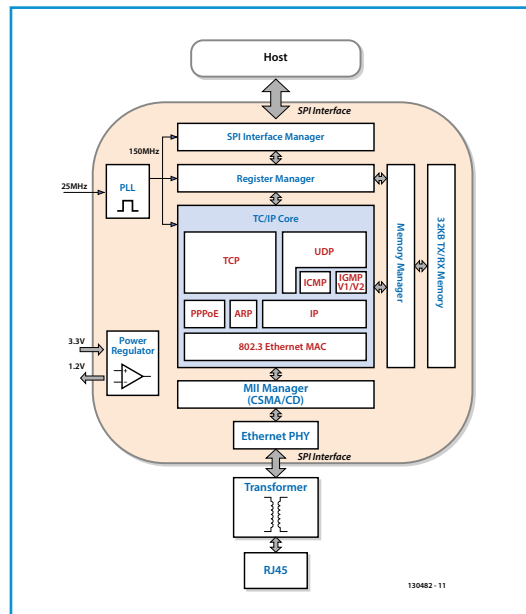


Figure 1.  
La W5500 de WIZnet est une puce Ethernet pas comme les autres : les gros tampons RAM et le traitement matériel du protocole TCP/IP permettent à n'importe quel microcontrôleur de se relier facilement au réseau.

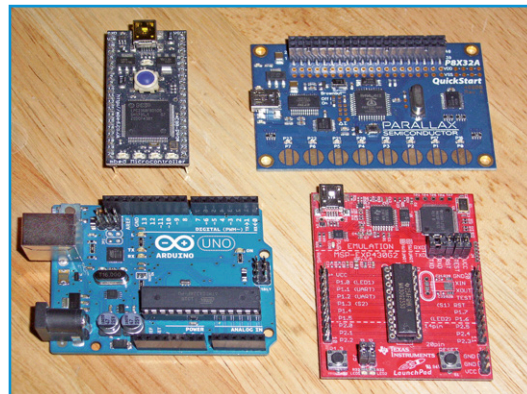


Figure 2.  
Pour un bon tour de magie, il faut la bonne carte.

## Pas de fils à tirer

Envoyer des données vite et loin, c'est LA chose qu'Ethernet sait faire, mais il faut pas mal d'énergie (100 mA et plus) rien que pour maintenir le lien (PHY activé). Par chance, la W5500 possède un mode de veille qui rompt le lien (désactive le PHY) réduisant selon un facteur 10 sa consommation de même que celle de l'appareil à l'autre bout du fil. Si vous avez une prise secteur à proximité, vous pouvez faire passer vos données Ethernet

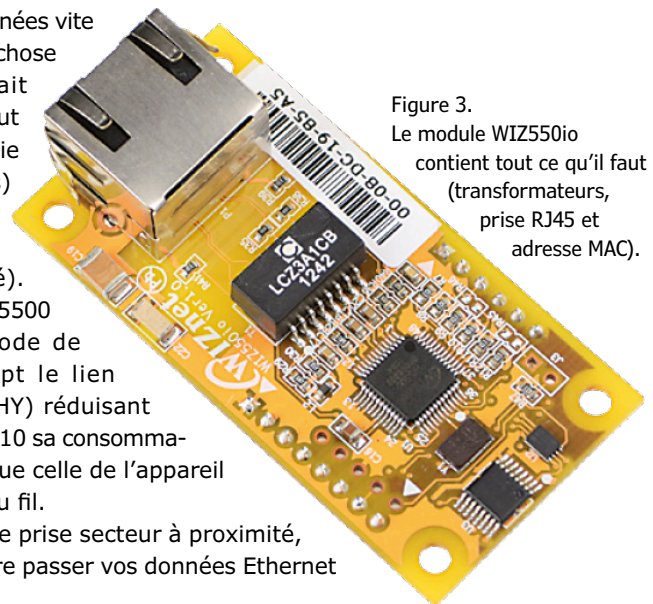


Figure 3.  
Le module WIZ550io contient tout ce qu'il faut (transformateurs, prise RJ45 et adresse MAC).



Figure 4.  
Mon surveillant de porte de garage utilise est relié au réseau local via un adaptateur à courant porteur.

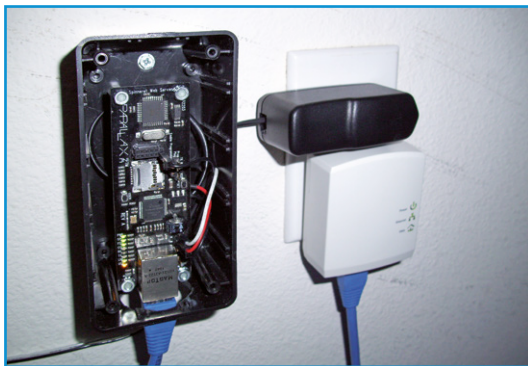


Figure 5.  
Il ne vous faudra que quelques adaptateurs et une alimentation variable pour mettre en place votre propre solution Passive PoE.



Figure 6.  
Les bornes mobiles à bas coût comme ce TP-Link NanoRouter rendent le passage d'Ethernet à WiFi très facile ; vous n'aurez même pas à toucher au logiciel.

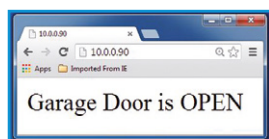


Figure 7.  
Page envoyée par mon surveillant de porte de garage.

par le réseau électrique. C'est exactement ce que j'ai fait avec mon surveillant de porte de garage (fig. 4). En fouillant un peu, vous trouverez des kits d'adaptateurs à courant porteur (comme mon Rosewill RPLC-201KIT) entre 15 et 30 €.

Si vous vous rappelez avec horreur les débuts du courant porteur, sachez que les appareils récents fonctionnent... bien mieux. Certaines prises restent rétives, mais il y en aura sans doute une autre pas loin par laquelle vous obtiendrez une liaison acceptable. Comme ces adaptateurs récents sont prévus pour diffuser des flux multimédias, même les liens fragiles (il y a souvent des LED pour indiquer la qualité du signal) fonctionneront très bien pour les applications requérant peu de bande passante. Je suppose que l'adaptateur à courant porteur et/ou la W5500 font de

leur mieux pour palier ce genre de problèmes (renvoi automatique de paquets perdus/corrompus p.ex.) ; en tout cas le résultat me convient. S'il n'y a pas de prise à proximité et que vous devez tirer des fils, pensez au *Power-over-Ethernet* (PoE). C'est parfait pour les caméras de surveillance ou les téléphones IP. De plus, la popularité de ces applications a considérablement fait augmenter le nombre de fournisseurs et baisser les prix (des routeurs à moins de 70 €, des modules à moins de 10 €) des appareils compatibles avec le standard IEEE 802.3af PoE.

Encore plus simple, vous pourrez bricoler votre propre solution *Passive PoE* avec les quatre fils inutilisés d'un câble Ethernet classique pour transmettre une alimentation (fig. 5). Vous remarquerez que cette bidouille ne fonctionnera pas avec l'Ethernet *Gigabit* (qui utilise les huit fils) ou les *appareils Active PoE* à la norme IEEE 802.3af – juste le 10/100 classique.

Gare aux chutes de tension, surtout sur de longs câbles (jusqu'à 100 m) et/ou des charges glou-tonnes. Pour estimer la chute de tension en fonction de la longueur du câble et des besoins en courant, utilisez une calculatrice PoE, comme celle de Stephen Foskett [3].

Vous pouvez aussi tout câbler d'abord et régler le problème après avec une alimentation variable que vous réglerez en mesurant la tension à l'autre bout du câble. Pour que la mesure soit valable, assurez-vous que votre appareil est bien relié et qu'il consomme le courant maximal, qu'il n'est pas en veille, etc.

## Voir pas de fils du tout

Les adeptes du sans-fil pourront ajouter un adaptateur WiFi. Avec ses cinq options de configuration, le routeur TP-Link *NanoRouter* que j'utilise (fig. 6) est polyvalent : routeur, point d'accès, pont, répéteur et client. Le périphérique Ethernet que vous y relierez pourra rejoindre un réseau sans fil existant ou vous pourrez en créer un supplémentaire possédant son propre SSID.

L'approche Ethernet+Wifi est devenue abordable. *WIZnet* vend le WIZ550io pour \$18 (la puce W5500 ne coûte que \$2,62) et vous trouverez les *TP-Links* en ligne pour environ \$20. En comparaison, si vous cherchez « embedded Wi-Fi module » ou « Wi-Fi shield », Google vous trouvera toute une gamme de produits dont le prix va d'environ \$20 pour un module WiFi nu (pas de C.I.) à \$80 pour un shield Wifi *Arduino* officiel. L'étendue de la gamme des solutions WiFi a ses



inconvenients. Les puces WiFi embarquées populaires sont nombreuses (*Broadcom, Gainspan, Microchip, Texas Instruments*, et les autres), et possèdent chacune leurs propres possibilités et des commandes uniques. Rien que de penser au nombre de pilotes à écrire, j'en ai la migraine. Avec l'approche mixte, il est facile de faire passer toutes les applications Ethernet au WiFi. Il suffit de les relier à un TP-Link et c'est fini : pas une ligne de code à changer. J'aime quand tout roule comme ça !

### Serveur...

Tout le monde aujourd'hui, aux commandes depuis son navigateur web, veut devenir maître de l'IdO. Avec l'aide de *WIZnet*, même les petits microcontrôleurs sont capables de faire tourner un petit serveur web (**fig. 7**), mais vous voyez le problème ; ou plutôt vous ne le voyez sans doute pas. Où sont les graphiques haute résolution que tous les blasés de la technologie demandent ? Pas moyen de faire rentrer plus qu'un peu de fantaisies HTML/JavaScript/JPG dans un petit microcontrôleur, et il faudra penser à une mémoire externe si vous voulez du piquant et du piqué. L'adjonction la plus populaire est la carte MicroSD qui, comme la W5500, utilise un bus SPI : il ne vous faudra qu'une broche supplémentaire pour la sélection de puce. En utilisant un système de fichier standard (tel que FAT), vous pourrez faire la plupart du développement et des tests de votre site web sur un PC. Quand tout est prêt, il ne reste qu'à brancher la carte SD dans votre gadget. Pour le prototypage, je vous conseille le *WIZnet ioShield* (**fig. 8**) ; c'est une carte mère pour le *WIZ550io* qui inclut un connecteur pour cartes SD. Il y a des *ioShield* pour différentes plateformes (*Arduino, LaunchPad, mbed*, etc) et leurs connecteurs au pas de 2,54 mm les rendent faciles à utiliser avec les plaques à essais.

### ... ou client ?

Votre navigateur est un client, donc chacun des gadgets de l'IdO devrait être un serveur, n'est-ce pas ? Pas nécessairement. Un serveur est typiquement accessible en permanence, mais beaucoup d'applications dans l'IdO (dont la mienne) ne fonctionnent que par intermittence. Pas de problème quand tout tourne sur un LAN mais accéder à un serveur chez vous depuis l'extérieur n'est pas forcément chose facile : pare-feux, restrictions de votre FAI, adresses IP qui changent, etc. De plus, est-ce que vous tenez réellement à ce que le monde entier ait accès à votre réseau local ? Peut-être que fina-

lement tous ces gadgets devraient être des clients. Mais comment deux clients dialogueront-ils entre eux ? Il suffit de mettre un serveur entre les deux. Des fournisseurs tels que Xively (précédemment *Pachube*), *Exosite*, *DeviceHub*, *ThingSpeak*, *Nimbits*, *XOBXOB*, etc ont des solutions pour ça. (*Postscapes* fournit une liste exhaustive [4].) Tout comme la puce *WIZnet* se charge des besognes de réseau, ces services s'occupent du stockage et de la visualisation des données : les applications de l'IdO n'ont plus de soucis à se faire. Il suffit d'envoyer vos données brutes et le service les archivera, s'occupera de la présentation dans un navigateur sous forme de graphiques ou de l'envoi d'emails, de SMS ou de tweets si vous le souhaitez. Encore mieux, vous n'aurez même pas besoin d'outils de programmation web ou de savoir-faire pour mettre en route rapidement le tout.

Les capacités techniques et l'interface de ces différents services varient, tout comme leurs offres commerciales ; payant ou gratuit, propriétaire ou à sources ouvertes : tout existe. Mais vus de loin, tous fonctionnent à peu près de la même manière. Les clients envoient leurs données dans le nuage en effectuant une requête qui contient les données (nom de variable et valeur p.ex) dans l'URL ou le corps de la requête vers un serveur. Pour obtenir des données, un client envoie

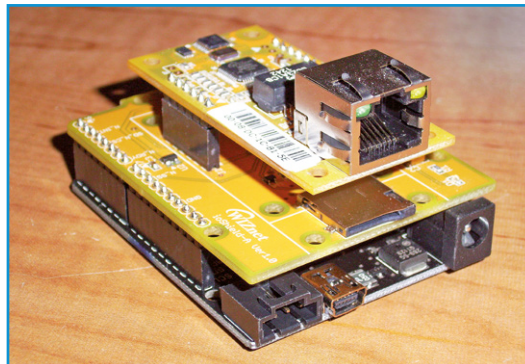


Figure 8.  
Si vous voulez un serveur qui en mette plein la vue, ajoutez une carte *MicroSD*. Les *ioShield* de *WIZnet* possèdent un connecteur pour carte SD et sont disponibles pour plein de plateformes (ici pour *Arduino*).

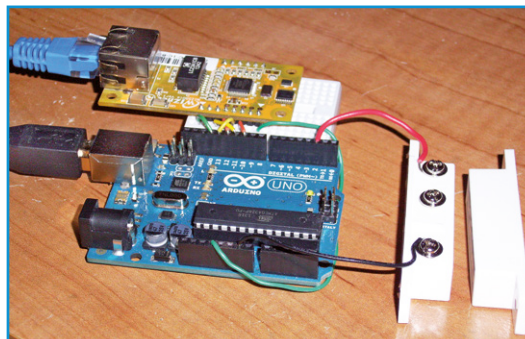


Figure 9.  
Prototype de la version client de mon surveillant de porte de garage.



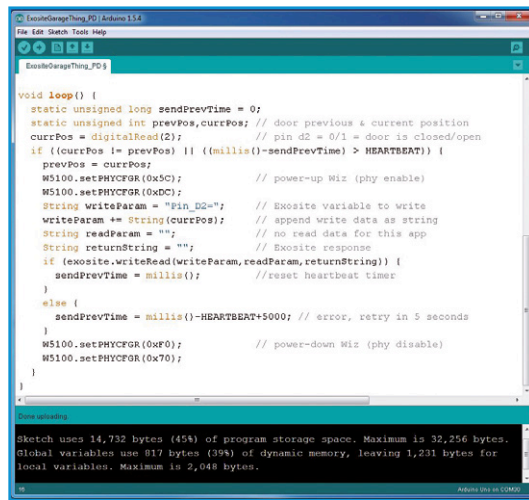


Figure 10.  
Il existe une bibliothèque *Arduino* pour *Exosite* qui rend le nuage aussi accessible que possible.

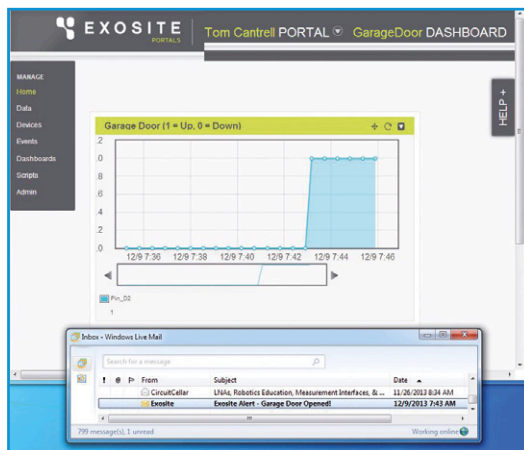


Figure 11.  
Il ne vous faudra que quelques minutes pour mettre en place un tableau de bord *Exosite* simple et des alertes email. Je peux voir l'état de ma porte de garage sans sortir du canapé et maintenant, via *Exosite*, depuis l'autre bout du monde.

une requête, en précisant la variable désirée, et reçoit les données dans la réponse du serveur. J'ai décidé de m'envoyer dans le nuage à travers le prototype d'une version client de mon surveillant (**fig. 9**) qui utilise un *Arduino* et un WIZ550io [5] reliés à *Exosite*.

Vous remarquerez que j'alimente le WIZ550io depuis le 3,3 V de l'*Arduino*. Cela fonctionne avec les *Arduino* récents (tels que mon UNO R3) qui possèdent un régulateur 3,3 V 150 mA. Pour les plus anciens ou les clones qui ne fournissent que 50 mA, il faudra un *shield* (le *ioShield WIZnet* p.ex.) qui comprend un régulateur 3,3 V alimenté par le 5 V.

Le code de l'*Arduino* (**fig. 10**) est une boucle qui guette les changements d'état de la porte et donne régulièrement signe de vie au serveur. Il ne faut pas grand-chose de plus qu'un appel de fonction (`exosite.writeRead`) pour envoyer l'état de la porte dans le nuage d'*Exosite*.

Passons sur le site d'*Exosite* [6]. Après m'être inscrit pour un compte développeur gratuit, quelques clics ont suffi pour configurer mes *Device*, *Data*, *Events*, et *Alerts* (**fig. 11**).

Pour un client, nul besoin de garder actif en permanence le lien Ethernet. Les données n'ont besoin d'être envoyées que lorsque la porte du garage s'ouvre ou se ferme ou pour donner périodiquement signe de vie au serveur. Mon surveillant de porte de garage ne produira par jour qu'une minute ou deux d'activité de réseau ; il est donc possible d'économiser beaucoup d'énergie par rapport à un serveur actif en permanence.

## Références et liens

- [1] I-Way the Hard Way, T. Cantrell, Circuit Cellar 135, 2001.
- [2] Weatherize Your Embedded App, T. Cantrell, Circuit Cellar 273, 2013.
- [3] Calcuette Power Over Ethernet : <http://blog.fosketts.net/toolbox/power-ethernet-calculator>
- [4] Services de gestion de données IdO : <http://postscapes.com/companies/iot-cloud-services>
- [5] WIZnet, Connect the Magic : <http://wizwiki.net/wiki/doku.php?id=connectthemagic>
- [6] [www.exosite.com](http://www.exosite.com)

## Sources du matériel

Kit adaptateurs RPLC-201KIT : [www.rosewill.com](http://www.rosewill.com)

TL-WR702N 150 Mbps Wireless N NanoRouter : [www.tp-link.us](http://www.tp-link.us)

Puce Ethernet W5500 : [wizwiki.net](http://wizwiki.net)



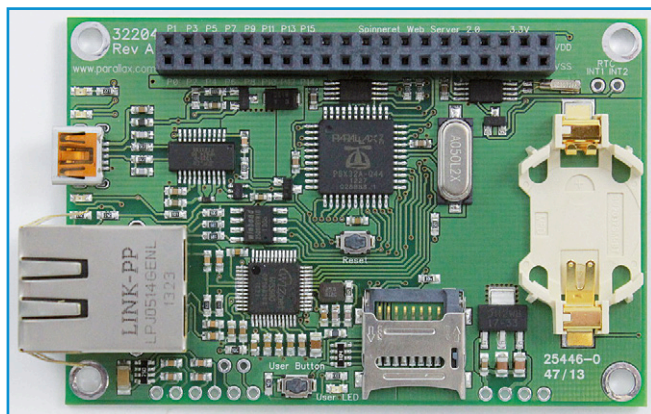


Figure 12. Le *Spinneret Web Server 2.0* de Parallax est l'une des premières plateformes à intégrer la W5500.

### Que la magie commence

Sur la page *Connect the Magic* de WIZnet, vous trouverez plein d'accessoires, de l'aide pour le matériel WIZnet (W5500, WIZ550io et *ioShield*), des liens vers les pilotes pour le W5500 et des démos pour diverses plateformes, ouvertes ou pas, dont *Arduino*, *LaunchPad*, *mbed*, et *Parallax* (fig. 12).

La W5500 fonctionne également avec des plateformes intéressantes que je n'avais jamais utilisées avant. *Cookie* et *chipKIT* sont des ordinateurs de la même taille qu'*Arduino* qui utilisent respectivement des  $\mu$ C ARM Cortex et *Microchip* PIC32. *GR-KURUMI* est en gros une sorte de *mbed* japonais (les outils sont en ligne) utilisant un  $\mu$ C Renesas. Si vous voulez utiliser les logiciels réseau des vrais (gros) ordinateurs, il y a même une bibliothèque de *sockets* BSD basée sur le dérivé *Unix* à sources ouvertes d'*UC Berkeley*. Avec ces microcontrôleurs magiques couplés à la W5500 et aux nouveaux services en ligne, difficile de ne pas être connecté. Mettez tout dans votre chapeau, agitez la baguette magique et épatez vos amis.

(130482 – version française : Kévin PETIT)

### L'auteur

Tom Cantrell ([microfuture@att.net](mailto:microfuture@att.net)) jouit d'une solide expérience en matière de conception et de marketing de puces, de cartes et de systèmes.



# Android

## apprendre à programmer des applis

Télécharger des applications existantes n'est pas le seul moyen de rendre votre téléphone tactile encore plus intelligent



Voici un nouveau livre, publié par Elektor, pour apprendre à construire des applications sous Android et à tirer le meilleur de ce système d'exploitation.

C'est un ouvrage d'initiation, avec des exemples simples, variés et concrets, qui montre de façon progressive comment la combinaison de briques de code permet de créer toutes sortes d'applis dans l'environnement de développement Eclipse : calculatrice simple, interrogation des capteurs, exploitation des données GPS, communication par l'internet etc.

ISBN 978-2-86661-187-3

280 pages

33,50 €



[www.elektor.fr/android](http://www.elektor.fr/android)



# un protocole pour l'internet

Jens Nickel (Elektor) & Benedikt Sauter (Embedded Projects)

Qu'on le veuille ou pas, l'internet des objets va changer nos vies (et surtout celle de nos enfants). Pour faire communiquer entre eux tous ces appareils, il faut un langage commun. Or, pour l'instant, il n'existe que des protocoles comme TCP/IP, mais rien du côté des applications. Pourtant, pour commander, réguler, mesurer, il faudra interconnecter des capteurs et des actuators quels qu'en soient les fabricants. La définition d'un tel protocole est une tâche idéale pour la communauté d'Elektor. Vos idées, vos solutions sont les bienvenues.

Tout le monde parle d'*Internet of Things* (IoT) ou *internet des objets* (IDO). La mise en réseau de toutes sortes d'appareils jusque-là isolés les uns des autres ouvre des possibilités inouïes : téléphones, automobiles, compteurs, capteurs, éclairage, chauffage, électroménager, etc. Certains en attendent l'apocalypse, d'autres la vie de Cocagne. La vérité sera sans doute à mi-chemin de ces deux extrêmes.

Le premier des deux facteurs clés de la « 4<sup>e</sup> révolution industrielle » (*oh, vous avez donc pas raté les trois précédentes ?*) est la baisse de prix des microcontrôleurs concomitante à l'explosion de leurs capacités. C'est ce qui permet d'envisager d'en équiper de plus en plus d'appareils pour les mettre en réseau et communiquer avec eux. L'autre c'est l'IPv6 – la nouvelle version du protocole d'identification sur internet (IP) qui a étendu le nombre d'adresses individuelles possibles quasi à l'infini (pour les critères actuels).

Désormais il devient possible de mettre en réseau des objets aussi banals que les interrupteurs, les éclairages à LED, les capteurs de température et tant d'autres que nous avons encore du mal à imaginer.

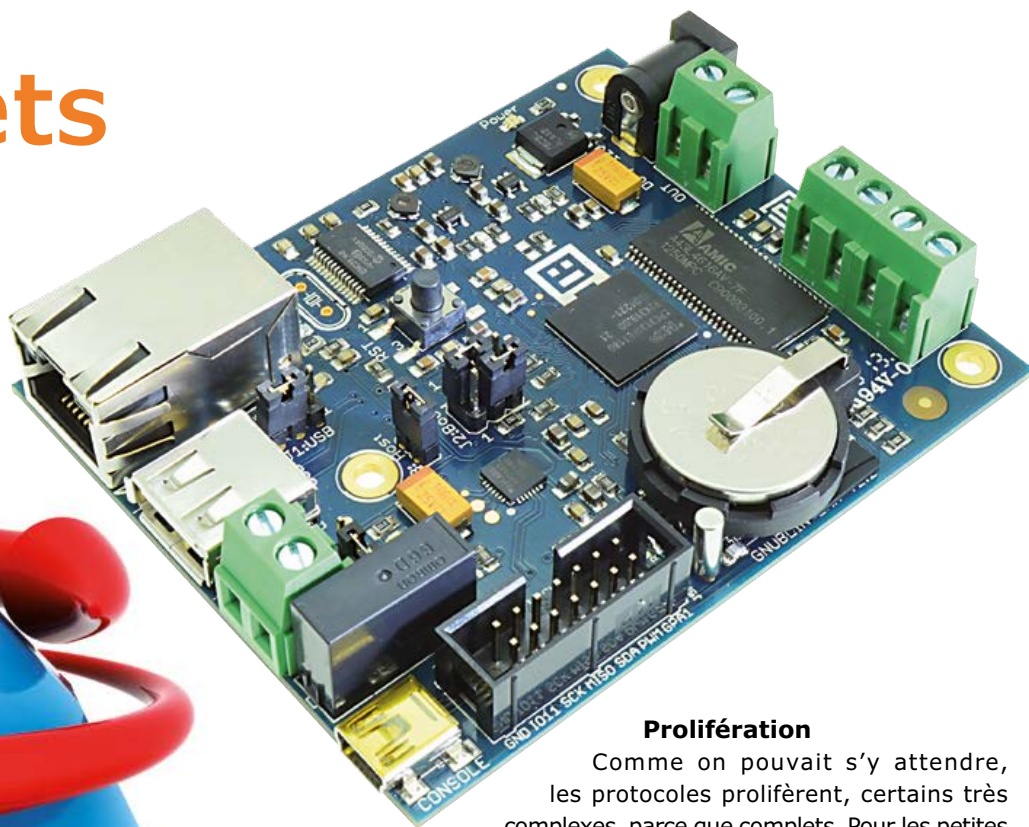
Le principe de l'IoT est de pouvoir communiquer individuellement avec chacun d'entre eux où que ce soit dans le monde.

Outre le protocole IP lui-même, il faudra recourir à d'autres protocoles existants, comme TCP et HTTP afin que les objets interconnectés puissent échanger des informations sur l'IoT. Ceux-ci ne fournissent que le cadre pour l'échange de données (par exemple des relevés de mesures ou des commandes à distance). Alors comment ces objets d'origine différente communiqueront-ils dans une application donnée ? Il faudra bien un protocole, qui établisse p. ex. le format de la valeur relevée par un capteur, qui pourrait consister en un nombre, une unité et une signature d'horodatage.





# des objets



## Prolifération

Comme on pouvait s'y attendre, les protocoles prolifèrent, certains très complexes, parce que complets. Pour les petites entreprises et les indépendants qui souhaitent lancer des produits IoT, la jungle est déjà impénétrable.

C'est pourquoi Elektor et le magazine *embedded projects journal* lancent ici, après mûre réflexion, un appel à la communauté des concepteurs pour établir un protocole IoT commun. Nous cherchons une solution simple, légère, ouverte à tous, pour l'intégrer à nos projets avec de « petits » microcontrôleurs.

## Préambule

L'IoT concerne des champs d'application infiniment variés. Nous choisissons de nous concentrer sur les applications intéressantes pour des PME, bureaux d'études, équipes universitaires ou des initiatives *Open Source*, conçues pour la commande d'objets interconnectés sur l'IOT. Voici les préliminaires retenus :

- les participants doivent pouvoir communiquer à des fins de test à l'aide d'un navigateur standard (saisie dans la ligne de l'URL, affichage dans la fenêtre HTML)
- le protocole sera de ce fait au format ASCII et non binaire
- les données adopteront un format connu, p. ex. JSON, XML ou équivalents, et reconnu par de nombreux langages de programmation
- la conversion doit être possible sur un serveur (PC ou tablette) ou avec un microcontrôleur
- le cryptage de la communication doit être possible

Nous avons en outre imaginé trois scénarios d'application, pour lesquels le protocole devrait pouvoir servir. Ces *cas d'utilisation* appartiennent aux



## Devenez partenaire du protocole IoT !

Établir un protocole d'usage général est un pari et une lourde tâche. Le succès de l'entreprise dépend de la vitesse à laquelle ce protocole sera adopté par un grand nombre d'objets (matériel et logiciel). C'est pourquoi nous avons dès maintenant mobilisé un premier rang de partenaires et en invitons d'autres à se joindre à nous. Toutes les propositions seront accueillies avec le plus grand intérêt.

Les conditions à remplir pour devenir partenaire sont données ici :

[www.iot-contest.com/index.php?content=partners](http://www.iot-contest.com/index.php?content=partners).

La participation est entièrement gratuite pour tous.

### Les partenaires actuels sont :

Embedded Projects ([www.embedded-projects.net](http://www.embedded-projects.net))

WIZnet ([www.wiznet.eu](http://www.wiznet.eu))

TinkerForge ([www.tinkerforge.com](http://www.tinkerforge.com))

NetIO (<http://netio.davideickhoff.de>)

XTRONIC ([www.appicals.de](http://www.appicals.de))



domaines de la mesure et des techniques de laboratoire, de la domotique, et de la communication entre appareils. (cf [www.iot-contest.com/index.php?content=infos](http://www.iot-contest.com/index.php?content=infos)).

Vos contributions pourront aussi être des exemples d'applications (idées et solutions) mais ce n'est pas indispensable. Il y a forcément d'autres applications et des approches différentes qu'il conviendra encore d'examiner ensemble. Pareil pour le préambule. À ce stade, il y a encore matière à discussion ; nous souhaitons réunir le plus grand nombre possible d'idées et de visions complémentaires. Des solutions éventuellement existantes sont bienvenues aussi.

### Feuille de route

Nous avons fixé le 1er août 2014 comme date butoir pour la collecte des idées sur le site **[www.iot-contest.com](http://www.iot-contest.com)**. Suivra une phase d'évaluation et de discussion des propositions. Si vous disposez d'une expertise dans ce domaine, vous êtes invité à participer.

Cela commence par la souscription à une lettre d'information électronique périodique qui per-

mettra d'informer rapidement tous ceux qui le souhaitent.

La phase d'évaluation aura la délicate mission de distiller un protocole commun à partir des contributions probablement disparates. C'est la simplicité qui sera à l'honneur. Tout doit tenir sur un poster téléchargeable, explications comprises. Puis commencera la phase d'élaboration de logiciel et de matériel qui exploiteront ce protocole IoT et devront être disponibles le plus vite possible. Ce sera notamment la tâche de nos partenaires (cf encadré).

Dans les prochaines éditions d'Elektor, nous vous informerons de la progression du projet.

### En attendant, participez !

(130447)



ICI, JE TROUVE TOUT  
- DE L'EQUIPEMENT  
POUR LE POSTE DE  
TRAVAIL JUSQU'AUX  
ÉLÉMENTS DE  
CONSTRUCTION

TOUT EN  
TOUTES PETITES  
QUANTITÉS ET À  
UN SUPER PRIX !

# Tout pour mon projet !

[www.reichelt.fr](http://www.reichelt.fr)

- ✓ Plus de 45 000 produits en stock
- ✓ Pas de supplément pour les petites quantités
- ✓ Service de livraison internationale rapide
- ✓ Expédition protégée par assurance
- ✓ 97 % des clients satisfaits

(Source : [www.shopauskunft.de](http://www.shopauskunft.de))



[www.reichelt.fr](http://www.reichelt.fr)

**DECouvrir  
MAINTENANT**



Site Internet et service clients  
en allemand et en anglais.



# métier(s) : auteur, passeur, conteur, parleur, musicien ... et électronicien !

« Ouh là là, je suis nul, mais ça m'intéresse »

Rémy Mallard (Bois d'Arcy),  
Mariline Thiebaut-Brodier & Denis Meyer (elektor)

Le sous-titre de cet entretien n'est pas de la bouche de Rémy Mallard lui-même. C'est la phrase type prononcée par les novices que, dans ses multiples activités, Rémy invite à dépasser le stade de l'échec pour accéder à celui de l'enchantement. Faites la connaissance de l'homme qui organise des ateliers d'électronique gratuits dans sa cuisine.



**Mariline :** Vous venez de publier votre deuxième livre destiné aux débutants. Parallèlement vous vous êtes formé au doublage et aux voix off [1]. D'où vous vient cet esprit de passeur de savoir ?

**Rémy :** C'est venu très tôt. Adolescent, j'avais envie de créer une association pour enseigner à des enfants les bases de l'électronique et de la sonorisation. Avec l'aide de mon grand-père, j'ai établi les statuts d'une association loi 1901 (sonelec ? facile !) officialisée quand j'ai eu

18 ans. Il fallait en effet être majeur pour être « président » d'une telle structure et j'ai patiemment attendu. Les membres de l'association devaient s'acquitter d'une cotisation annuelle de 0,50 franc, je fournissais gratuitement le matériel et les composants, et les membres pouvaient garder les montages qu'ils fabriquaient. Mon papa, qui bricolait dans son garage, m'a appris à faire des circuits imprimés. Il me donnait des châssis de télévisions en panne pour que je récupère les composants. Mon parrain m'a gardé des jours entiers auprès de lui et m'a expliqué des tas de choses (il était spécialiste en mesures et en HF). Tous deux ont passé beaucoup de temps à m'expliquer les bases de l'électronique, nul doute qu'ils m'ont transmis cette notion du partage. Je leur dois beaucoup.

**Denis :** Vous composez aussi de la musique, vous écrivez des nouvelles que vous publiez et diffusez vous-même, vous êtes à n'en pas douter un créateur aux centres d'intérêt variés. Comme beaucoup d'électroniciens, vous avez un profil de passionné polymorphe. Où se situe l'électronique dans la gamme de vos compétences et comment s'articule-t-elle avec les autres disciplines... l'écriture, la musique ?

**Rémy :** Ma passion pour l'électronique s'est développée en même temps que ma passion pour la radio et la musique. À l'âge de 14 ans, j'ai moi-même fabriqué tous les éléments d'un petit studio de radio, du microphone jusqu'à l'antenne... à 16 ans, mon premier orgue (monodique). J'ai développé dans le domaine audio des compétences qui m'ont servi plus tard dans mes métiers techniques.





Avec mon matériel de radio, je sonorais aussi des soirées dansantes avec, au début, un ampli hifi. Plusieurs fois, les transistors de l'étage final ont lâché en pleine soirée. Les danseurs attendaient la fin de la réparation. C'était toujours les mêmes qui lâchaient et je gardais à portée de main mon fer à souder et les composants de rechange à côté de ma pile de disques 45 tours.



J'ai aussi construit des jeux de lumière. À 17 ans, j'ai participé au câblage d'un studio d'enregistrement. Pour me remercier, son propriétaire m'autorisait à utiliser son matériel durant les heures creuses. C'est là qu'est né mon appétit pour les générateurs de son et les systèmes audio multipistes.

En 2011, j'ai décidé de suivre une formation longue aux techniques de prise de son, car si je savais ce qui se trouvait sous le capot d'une console de mélange, j'ignorais comment en exploiter les réglages d'un point de vue artistique !

Entre l'électronique et l'écriture, le rapport est moins direct, mais il n'est pas rare que des objets techniques apparaissent dans mes histoires, car je peux les décrire sans dire trop de bêtises.

**DM :** *Comme le soulignait Mariline, vous avez un sens particulier de la pédagogie, dont on trouve le reflet dans le titre de vos livres. Comment décririez-vous votre méthode en quelques mots ?*

**RM :** L'écoute, tout simplement ! Pour répondre à des questions, il faut les comprendre. J'invite ceux qui me questionnent à être clairs dans leur énoncé, et il m'arrive parfois de réclamer une autre formulation même quand j'ai compris la question. Cette façon de procéder m'oblige moi-même à être très clair. J'invite d'ailleurs mes élèves à me taquiner quand ils ne comprennent pas ce que je leur dis. Mes cours ne sont pas parfaits, loin de là, mais je cherche constamment à m'améliorer. À quoi cela sert-il de parler dans le vide ?

Pour l'écriture, c'est pareil. Quand on écrit, c'est pour être lu et compris. On doit aux lecteurs d'être au moins compréhensible.

**DM :** *Vos deux livres ont été édités par Mariline, c'est elle qui a cru en vous dès le départ, j'étais plus réticent. Après tous les ouvrages publiés par Elektor (le cours technique, Rési&Transi, l'électronique pas de panique, Elex, le Traité d'Horowitz et quelques autres) je pensais, à tort, que tout avait été dit. Mariline a eu raison d'insister. Connaissez-vous ces ouvrages ? Quels ont été les passeurs qui vous ont aidé quand vous débutez ?*

**RM :** À l'époque, je ne connaissais pas tous ces ouvrages, que j'ai découverts sur le tard. Internet n'existait pas encore et la première revue à laquelle j'ai été abonné (pour mon anniversaire) était Elektor. Grâce à la pédagogie de mes premiers professeurs, c'est-à-dire mon papa et mon parrain, j'apprenais vite. Au fil du temps, j'ai acquis d'autres revues. J'ai beaucoup appris aussi avec les montages que je faisais et qui, neuf fois sur dix, ne fonctionnaient pas !

**DM :** *Ce qui m'a convaincu, outre l'enthousiasme de Mariline, c'est que même des électroniciens chevronnés à qui nous avons fait lire votre manuscrit m'ont dit qu'ils y trouvaient des choses qu'il n'y avait nulle part ailleurs. Cela rejoint-il votre expérience ?*

**RM :** Chaque personne est unique et a le pouvoir d'apporter quelque chose à son voisin. Si j'apporte des choses pas vues ailleurs, d'autres apportent des choses dont je n'aurais pas eu idée. C'est ce mélange des genres qui aide les apprenants. Ce que j'essaie de transmettre dans mes cours et dans mes écrits n'est pas seulement un savoir, c'est aussi et surtout l'envie d'aller plus loin. Devant un échec, il ne faut pas s'arrêter, mais persévérer. On apprend beaucoup de ses erreurs.

**MTB :** *Comment expliquez-vous le succès de l'Électronique pour les débutants [2] alors que nous sommes entourés de produits électroniques sophistiqués, prêts à l'emploi ? Que cherchez vos lecteurs ? Que leur offrez-vous ?*

**RM :** Ce qui plaît le plus dans mon offre est cet esprit de découverte et d'encouragement permanent. L'idée de faire quelque chose soi-même prouve qu'on est capable. C'est important dans notre société qui ne jure que par la compétition et les bonnes notes. Il est désolant de constater à quel point les gens manquent de confiance en eux. Parmi celles que je rencontre, une personne sur deux m'avoue avoir été, plusieurs fois dans sa vie, traitée d'incapable ou de maladroit ! L'idée de fabriquer quelque chose soi-même va beaucoup plus loin que la simple question du coût de revient. Il est vrai aussi que beaucoup cherchent à réaliser un montage intermédiaire, entre le machin pas cher qui n'en fait pas assez et le truc qui fait tout, mais qui financièrement est hors de portée. Il y a aussi, bien sûr, le désir de construire un appareil qu'on ne trouve pas dans le commerce.





**MTB :** Vous exercez maintenant vos talents de pédagogue en donnant des cours d'électro-acoustique. Envisagez-vous de publier ces cours pour en faire profiter les lecteurs d'Elektor ?

**RM :** Merci pour la suggestion, je n'y ai pas encore réfléchi. Ces cours sont composés surtout d'exercices pratiques, et les supports utilisés sont adaptés à cet usage, mais peut-être pas à une publication.

**DM :** À propos de publication, votre deuxième livre pour les débutants [3] est consacré aux PIC. Sortir en 2014 un bouquin de plus de 400 pages, bien remplies, à l'heure où tout le monde ne jure plus que par les tablettes et les vidéos d'initiation, vous ne vous sentez pas un peu à contre-courant ?

**RM :** Mon dernier patron me rappelait souvent que j'avais à contre-courant. Il faut croire que c'est dans ma nature ! L'expérience m'a pourtant montré que ça faisait plus de bien que de mal. Même si un auteur aime être (beaucoup) lu, je n'ai jamais voulu surfer sur la vague de la mode. Je préfère parler de ce que je connais un peu et qui me passionne.

**DM :** Dans votre livre, vous utilisez le langage Pascal que le titre situe entre BASIC (trop facile) et C (trop difficile). Quels sont les arguments de ce choix ?

**RM :** J'ai commencé à développer des applications pour Windows avec Delphi (Borland/Embarcadero), qui lui-même s'appuie sur le langage Pascal. Quand on décide, après plus de 15 ans de développement sur PC, de s'attaquer aux microcontrôleurs, on n'a pas envie de passer trop de temps à apprendre un autre langage. Pour les PIC, j'ai décidé de démarrer avec un langage que je connaissais déjà. Ce n'est pas la même chose quand on débute complètement dans la programmation, le choix est plus large, mais aussi plus difficile, car les repères personnels moins nombreux.



**DM :** Les ouvrages d'initiation aux PIC ne manquent pas. Quelles sont les caractéristiques qui font du vôtre celui que les débutants attendaient ?

**RM :** Premièrement, le détail donné dans les tout premiers exercices. Ceux-ci sont déterminants pour la suite, car si ça ne fonctionne pas avec les trucs les plus simples, la tendance au découragement et à l'abandon est forte.

Deuxièmement, l'opposition langage simple langage compliqué a la vie dure. On entend beaucoup dire que le BASIC est simple, mais peu performant et que le C est compliqué, mais offre de hautes performances. Les outils de développement actuels, tous langages confondus, offrent à mon avis des niveaux de performance

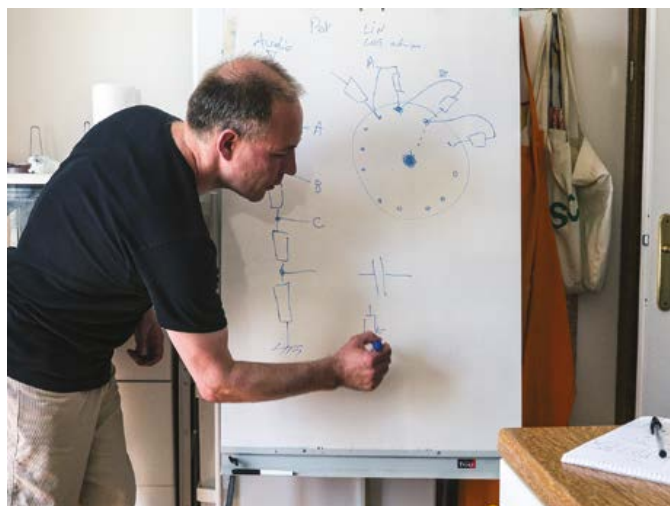
qui ne sont pas si éloignés les uns des autres que ça. Si

cela peut rassurer nos lecteurs sensibles à cette polarisation, disons que le Pascal se situe effectivement au milieu.

Troisièmement, beaucoup de mes lecteurs attendent de moi plus que de simples écrits. Ils savent que je réponds au courrier. L'assistance gratuite que je leur offre constitue une bouée de sauvetage à laquelle ils peuvent s'accrocher. Bien sûr, il m'est impossible d'offrir ma collaboration complète à des centaines de projets en parallèle, mais j'assure au moins une aide au démarrage. Ce sont ces coups de pouce qui feront la différence.

**DM :** Vous êtes de ces auteurs qui, grâce à l'internet, ont pu établir des liens directs et bilatéraux (c'est ça la grande nouveauté !) avec vos lecteurs. Est-ce que ça change votre manière d'écrire ?

**RM :** Oh, oui ! Mon site a dix ans cette année [4]. Mes échanges avec mes lecteurs sont réguliers ; je reçois entre 10 et 20 courriers par jour. J'ai appris à sentir ce que la majorité d'entre eux recherche. Cela guide mon écriture, autant sur le contenu que sur la forme. Tous mes correspondants ne sont pas techniciens : certains m'ont même écrit pour me dire qu'ils







avaient acheté mon premier livre uniquement pour me remercier de ma contribution sur la toile, pour me soutenir, mais pas pour le lire ! D'autres se le sont vu offrir par un proche : par exemple ce monsieur, qui me suit depuis plusieurs années et me dit avoir construit

un robot-balayeur en grande partie grâce aux articles de mon site. Sa femme, enthousiasmée par l'engin, vient d'offrir à son bricoleur de mari le nouveau livre sur les PIC pour l'encourager dans sa démarche.

#### DM : L'auteur pourra-t-il un jour se passer de l'éditeur ?

**RM :** En théorie, grâce à l'auto-édition, tout le monde peut aujourd'hui se lancer quand il veut. Les démarches administratives, la promotion, les corrections et vérifications ne sont pas aussi simples que quand on est soutenu par un éditeur rodé à ce genre d'exercice. Je trouve rassurant d'être soutenu par une équipe solide. Pour l'instant, je me vois mal éditer un livre technique seul dans mon coin. J'ai un roman en cours ; j'écris aussi des nouvelles que j'ai auto-éditées à l'unité [5], mais elles seront aussi publiées en recueil sur papier par un éditeur, fin 2014 ou courant 2015. Si j'ai goûté à l'auto-édition, c'est plus pour me familiariser avec une nouvelle technique que pour les droits d'auteur.

Se passer d'un éditeur implique que les outils mis à disposition pour s'auto-éditer soient simplifiés au maximum, et que les étapes de promotion suivent. Il est difficile de faire des prévisions fiables.

(130490)

### Rencontrez Rémy Mallard

à l'occasion de mini-séances d'initiation le samedi 15 mars 2014 à la Librairie Eyrolles 61 Boulevard Saint-Germain, à Paris.

Entrée libre – inscription préalable obligatoire : [www.eyrolles.com](http://www.eyrolles.com)  
Librairie Eyrolles | rayon informatique/électronique : 01 44 41 11 31  
@ : [conference@eyrolles.com](mailto:conference@eyrolles.com)

#### Liens

- [1] Voix off de plusieurs tutoriels vidéo d'Elektor  
[www.elektor.fr/110656](http://www.elektor.fr/110656) | [www.elektor.fr/130389](http://www.elektor.fr/130389)  
Note: La copie d'écran de Cubase sur la page précédente est celle de l'enregistrement de la voix de Rémy pour le CD de contes ci-dessus.
- [2] [www.elektor.fr/elecdeb](http://www.elektor.fr/elecdeb)
- [3] [www.elektor.fr/picmallard](http://www.elektor.fr/picmallard)
- [4] [www.sonelec-musique.com](http://www.sonelec-musique.com)
- [5] [www.sonelec-musique.com/nouvelles.html](http://www.sonelec-musique.com/nouvelles.html)

Publicité



## FACES AVANT ET BOÎTIERS

Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel – Designer de Faces Avant \* – vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle. GRATUIT: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, des interlocuteurs français attendent vos questions.

\*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.

- Calcul des prix automatique
- Délai de livraison: entre 5 et 8 jours
- Si besoin est, service 24/24



Exemple de prix: 34,93€ majoré de la TVA/ des frais d'envoi

Schaeffer AG · Nehmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 805 86 95-0  
Fax +49 (0)30 805 86 95-33 · Web [info@schaeffer-ag.de](mailto:info@schaeffer-ag.de) · [www.schaeffer-ag.de](http://www.schaeffer-ag.de)

## DVD annuel 2013



Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2013. Il contient non seulement le texte des articles ainsi que les schémas, mais aussi tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution.



ISBN 978-90-5381-277-8 • 27,50 €


**Pour commander en ligne :**  
[www.elektor.fr/dvd2013](http://www.elektor.fr/dvd2013)



# spectromètre pour fréquences audio Freystedt (1935)

## Restauration d'un modèle de technologie de mesure électro-acoustique

**Dr Götz Corinth**  
(Allemagne)

Comparés aux méthodes mécaniques, optiques et graphiques-mathématiques, les moyens électroniques du milieu des années trente ont amené de nouvelles possibilités à l'analyse du son. Les circuits de filtres permettent d'accentuer ou de supprimer des fréquences discrètes ou des bandes de fréquence. La méthode du « balayage de fréquence » permet d'obtenir une plus haute résolution à largeur constante de bande absolue, mais au prix de la vitesse d'analyse.

Un filtre passe-bande monté avant un oscilloscope multicanaux à balayage permettait l'enregistrement parallèle de plages de fréquence multiples. Toutefois, les tentatives d'acquisition visuelle en temps réel sont restées problématiques. En 1934, Erich Freystedt au Laboratoire Central de Siemens & Halske améliora le procédé au moyen

de 27 filtres au tiers d'octave en parallèle à l'entrée, pour couvrir la plage de l'audition humaine de 30 à 18 000 Hz (« analyse à largeur constante de bande relative »). Après redressement et stockage temporaire dans des condensateurs, les signaux de sortie des filtres sont scrutés en permanence par un jeu de commutateurs actionnés

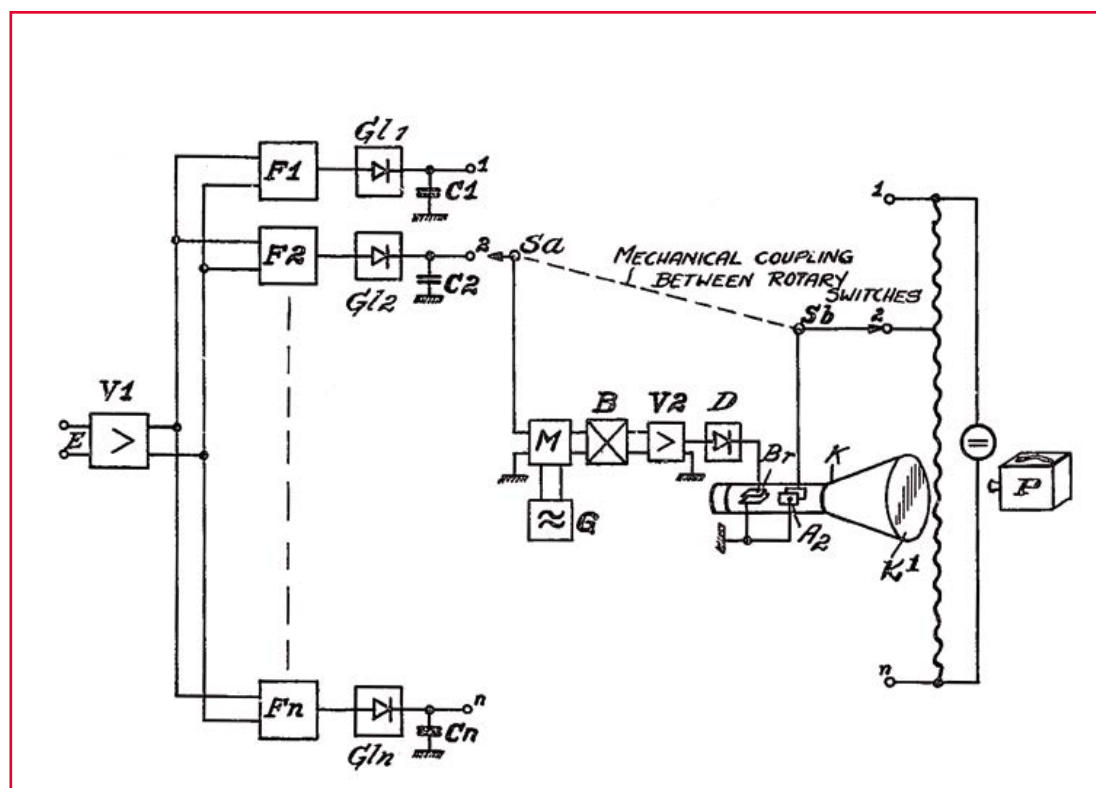


Figure 1.  
Schéma synoptique (partiel)  
du spectromètre audio.  
Remarquez l'appareil photo,  
P. US Patent Office file #  
2,159,790, May 1939; Z.  
Tech. Phys. 16 (1935), p.  
294 (Freystedt)



par un moteur, puis appliqués aux plaques de déviation verticale d'un tube à rayons cathodiques (CRT) sur lequel le niveau des signaux apparaît comme une colonne verticale (**fig. 1**). Un niveau de tension continue adéquat est appliqué en synchronisme aux plaques de déviation horizontale. L'image résultante sur l'oscilloscope représente les raies d'un spectre. Chaque raie représente la tension de crête délivrée par le filtrage en « tiers d'octave », en fonction des propriétés des condensateurs et des filtres (**fig. 2**). Suivant la fréquence d'échantillonnage, une image du spectre se construit, continuellement mise à jour, avec la possibilité accessoire d'un enregistrement dans le domaine temporel.

## Où est le spectromètre ? Et la doc ?

Il y avait l'espoir qu'un appareil de ce type se trouve dans une collection privée à Rüsselsheim, en Allemagne. Rüsselsheim ? Hum... *Opel* ? [plus tard *General Motors Europe*]. Quoi ? Des tests de bruit sur les moteurs de voitures ? Le soupçon s'est confirmé : ce spectromètre a été construit en 1937 et semble avoir été assez bien conservé, au moins extérieurement. Les 85 kilos de spectromètre audio ont été transportés à grand-peine dans le laboratoire de l'auteur. En matière de

documentation, il n'y avait initialement que deux publications originales de *Siemens* et *ATM Scientific Publications*. Plus tard, un collectionneur hollandais a pu fournir la documentation originale de *Siemens*. Les papiers contenaient aussi une indication du prix en 1938 : 5 500 Reichsmark. Selon le bureau fédéral allemand de la statistique, cela correspond à 35 000 dollars ou 25 000 euros.

## Vérification, recherche, restauration

Premières tentatives prudentes : le moteur d'entraînement des cames des deux jeux de contacts (**fig. 3**) était grippé ; pas de haute tension (HT) sur le tube cathodique (« tube de Braun ») de 7 pouces (18 cm) à déviation asymétrique. Malheureusement, ce tube était devenu inutilisable du fait de la corrosion des fils au niveau du culot. Seule la partie à fréquence audio de l'appareil semblait plus ou moins en état de marche. Le transformateur à haute tension a dû être reboiné deux fois avant de « tenir » dans le circuit. Une entreprise spécialisée en Hollande a réparé le tube cathodique, en remplaçant par du neuf le canon à électrons et l'écran. La section audio de l'appareil a été vérifiée soigneusement et les composants douteux ont été remplacés. La reprise de l'alignement de nombreux filtres

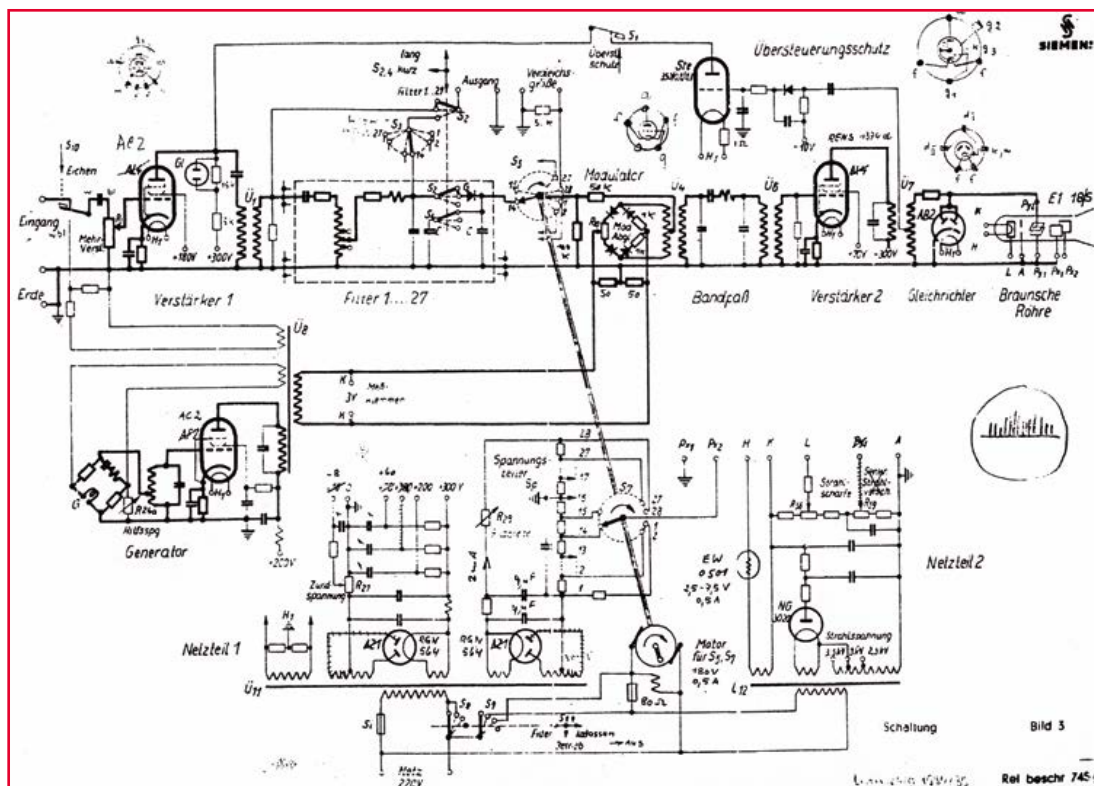


Figure 2.  
Schéma détaillé du spectroscopie (documentation de l'usine, Siemens & Halske, 1936). *Eingang* = entrée ; *Verstärker* = amplificateur ; *Übersteuerungsschutz* = limitation d'amplitude ; *Bandpaß* = passe-bande ; *Gleichrichter* = redresseur ; *Braunsche Röhre* = tube cathodique ; *Netzteil* = alimentation ; *Schaltung* = circuit.



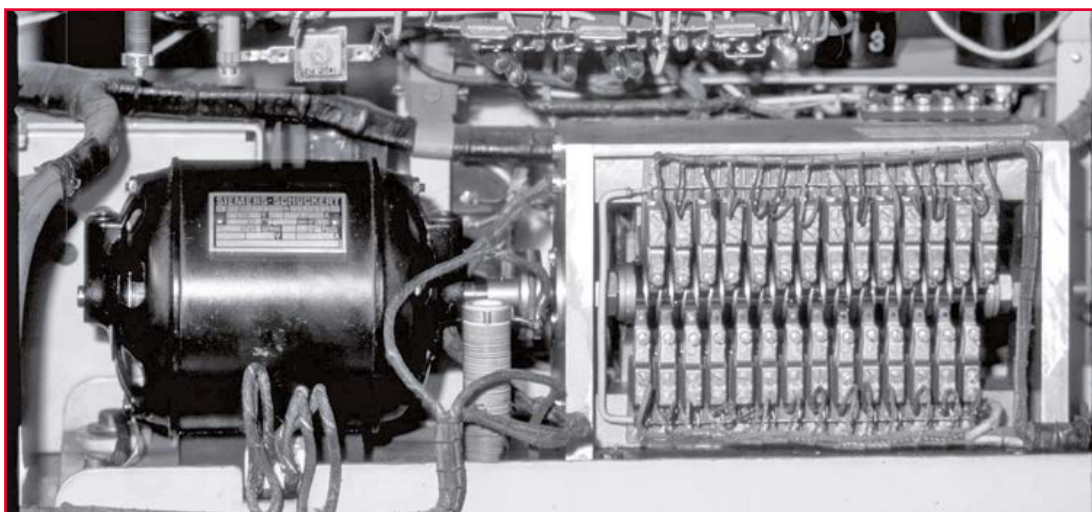


Figure 3.  
Moteur d'entraînement et commutateurs à cames avec 54 jeux de ressorts (photo originale).

a été nécessaire et laborieuse (**fig. 4**). Les condensateurs accusaient une augmentation de capacité – probablement du fait de l'amincissement du diélectrique en papier sur une durée de 70 ans –, ce qui rendait inapplicable l'astuce qui consiste à souder simplement quelques petits condensateurs en parallèle. Deux boîtes à décades de condensateurs et un générateur à balayage wobulé par ordinateur ont permis de reconstruire les courbes passe-bande voulues (**fig. 5**). Les diodes *Sirutor* (redresseurs à l'oxyde

cuvreux Cu<sub>2</sub>O, marque déposée de *Siemens*) entre les filtres et les condensateurs de stockage se sont toutes révélées intactes.

Pour faire fonctionner le tube cathodique neuf dans une enveloppe d'époque, il a fallu reconsidérer le choix des tensions auxiliaires, ce qui a abouti en pratique à la réalisation d'un petit circuit imprimé avec les potentiomètres nécessaires et à son installation dans l'appareil. Pour éviter de trop altérer un matériel historique, nous avons renoncé à la méthode rigoureusement correcte qui consiste à appliquer au tube des tensions symétriques avec un circuit pilote en *push-pull*. Le gauchissement en trapèze et l'astigmatisme se sont révélés tolérables aux déviations modérées (**fig. 6**).

### Travail mécanique

Le moteur équipé de paliers lisses neufs (faits maison sur un tour de précision), chacun des 54 groupes de ressorts ajustés au stroboscope, un spectre est apparu pour la première fois sur un oscilloscope séparé.

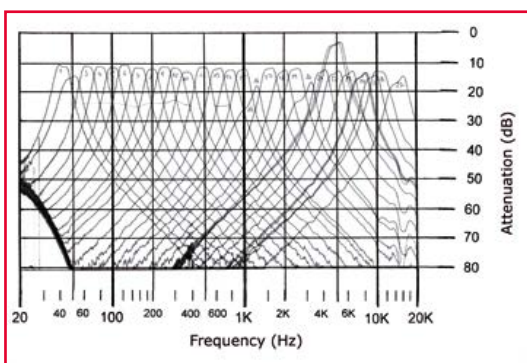


Figure 4.  
Réponse en fréquence du filtre avant remise en état de l'appareil (enregistrement original).

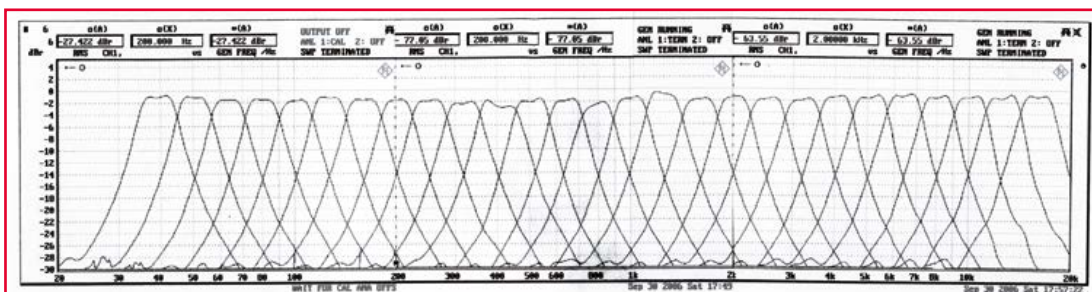
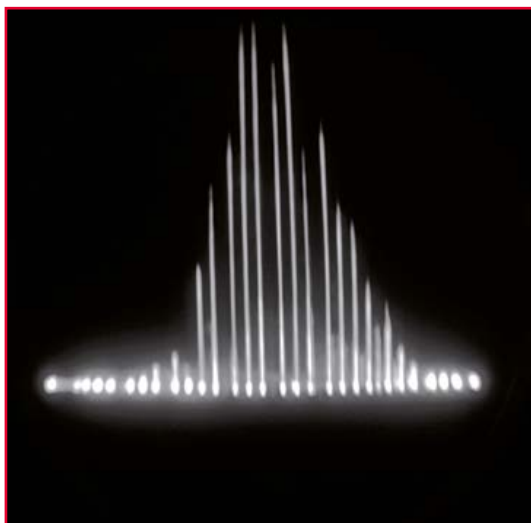


Figure 5.  
Réponse en fréquence du filtre après recalibrage (enregistrement original).





Après remise en état des parties électriques, l'extérieur a été restauré par la peinture du coffret, le placage au nickel des composants métalliques et un nouveau marquage sur les boutons et autour (**fig. 7**).

## Retour aux origines

Tout ce travail de restauration, étendu sur plusieurs week-ends, a abouti à rendre à nouveau opérationnel un monument de la technique des mesures électro-acoustiques. L'appareil terminé a été décrit par l'auteur dans une présentation au congrès 2007 de la *German Society for Acoustics*, et ensuite consigné à titre de prêt gratuit et permanent dans la collection historique du fabricant originel, *Siemens* à Munich.

## Elektrisé en 1984

Les numéros de mars, avril et mai 1984 d'*Elektr* contenaient un article en trois parties qui décrivait un « analyseur en temps réel » (sic) qu'on peut considérer comme la version « entièrement statique, tout transistors, performances supérieures » de l'enclume *Siemens* de 1935, même s'il ne faisait pas allusion à cet appareil.

Conformément à l'usage des années quatre-vingts, le projet à faire soi-même d'*Elektr* comporte une grande quantité de composants discrets (imaginez quelque 250 résistances de précision), une demi-douzaine de circuits imprimés (peut-être même six) fortement peuplés montés sur un fond de panier, une alimentation balèze et un affichage coloré sur 330 LED.

Un générateur de bruit rose est incorporé aussi. Le prototype d'analyseur en temps réel de 1984

a probablement fini à la benne lors de la préparation du déménagement au château de Limbricht en 2008. Il ne nous reste aujourd'hui que les articles originaux.

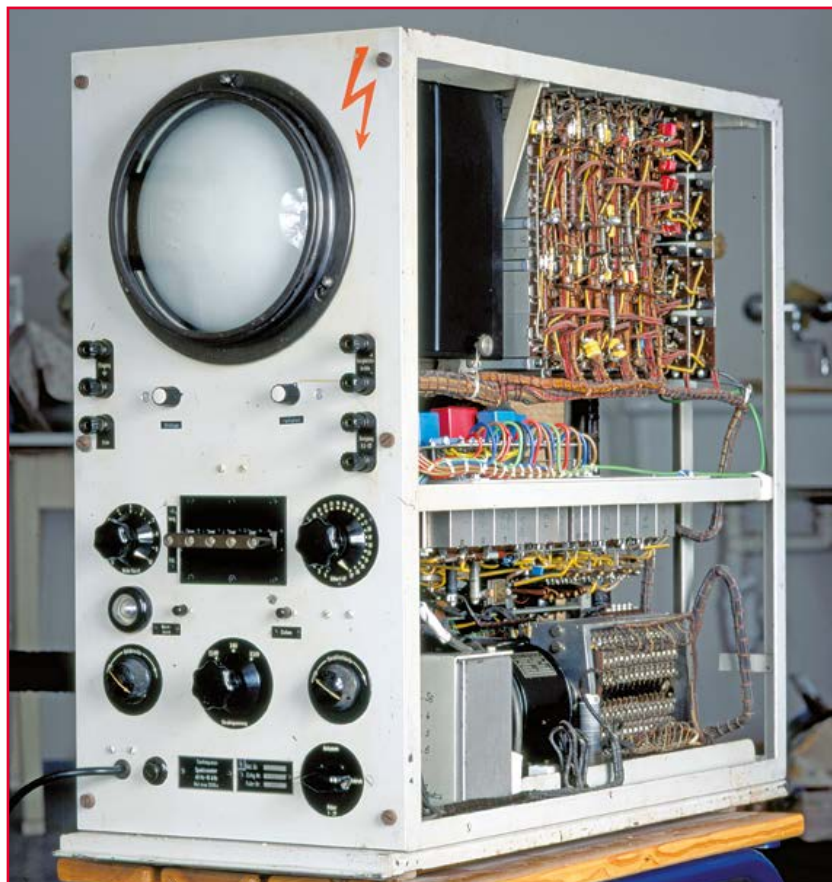
Pas de quoi s'en faire – trente ans après, nous utilisons avec plaisir *Analyzer 2010* ou un de ses semblables sur un PC portable. C'est seulement l'affaire d'un téléchargement de quelques centaines de Ko. Certains d'entre vous ne craignent pas de faire appel à des noyaux ARM et des DSP qui transforment en *Ferrari* – au moins pour le son – une *Fiat 500* ou une *Opel Kadett A*.

Jan Buiting, rédacteur en chef de l'édition anglophone et père spirituel et instigateur des mystères de la rubrique *Rétronique*, ne voudrait pas rater l'occasion que lui fournit cet article de lancer **aux possesseurs de l'analyseur en temps réel de 1984 un appel à témoignage**. Si vous avez encore un appareil en état de marche ou des souvenirs intéressants, veuillez les partager avec nous ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)) .

(130204 – version française : Jean-Paul Brodier)

Figure 6.  
Photo d'écran avec la forme d'onde d'une sinusoïde distordue (enregistrement original).

Figure 7. Vue du spectromètre audio après restauration complète. L'enveloppe a été retirée pour montrer le banc de filtres à 27 sections et le jeu de contacts motorisés. Les composants modernes multicolores étaient nécessaires pour adapter le circuit électronique original au tube cathodique reconstruit.





# fusibles CTP

## drôle de composant n°3

Neil Gruending  
(Canada)

Les fusibles ordinaires utilisés comme protection contre les surintensités en électronique ne peuvent protéger un circuit qu'au prix de leur propre vie. Tant que les surintensités sont rares, la solution est satisfaisante. Que faire lorsqu'elles surviennent suffisamment souvent pour que le remplacement des fusibles devienne une corvée ?

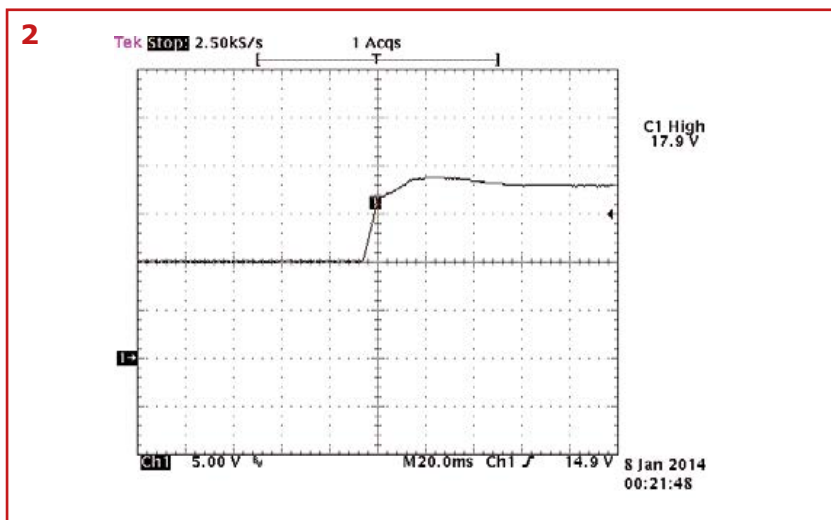
Ce qu'il vous faut, c'est un de ces fusibles réamorçables, p.ex. un fusible à coefficient de température positif (CTP). Oui, ils se réamorcent

tout seuls dès que la surintensité disparaît. Mais comment font-ils ?

En utilisant un polymère qui se comporte comme une résistance de faible valeur dans des conditions normales mais qui, chauffé par une surintensité, verra sa résistance augmenter considérablement. Dès que la charge redevient normale, le polymère refroidit, ce qui réamorce le fusible. C'est ce même polymère qui définit la tension et le courant nominaux d'un fusible CTP.

Puisqu'il se réamorce tout seul, un CTP peut servir pour protéger une alimentation des fluctuations de sa tension d'entrée, conjointement avec une diode de suppression de transitoires (TVS pour les anglophiles). Tant que la tension d'entrée restera inférieure à la tension d'écclatage du TVS, le CTP sera en état de basse impédance. Dès que la tension d'entrée dépasse le seuil de la diode, le fusible passera en état à haute impédance. Le temps que la tension d'entrée retrouve une valeur normale, l'alimentation sera alors déconnectée de son entrée. Habituellement, le TVS conduira durant l'intégralité du transitoire, à cause du faible courant de fuite du fusible CTP à l'état de haute impédance. Ce type de circuit est courant dans les applications automobiles.

Un autre exemple est la protection de la sortie d'un amplificateur contre les surcharges. Là, on utilise un fusible CTP en parallèle avec une résistance de puissance de forte valeur, p. ex. 10 kΩ. Dans des conditions normales, le fusible CTP court-circuite la résistance de puissance et la résistance équivalente de l'ensemble est de quelques ohms. Si la charge en sortie augmente jusqu'à faire passer le CTP à l'état haute impédance, alors la résistance de puissance s'activera et réduira la puissance de sortie à destination de





## •bientôt dans Elektor

la charge. Ici encore, le faible courant de fuite du fusible CTP le gardera à l'équilibre jusqu'à ce que le défaut disparaisse. Ce type de circuit est typiquement utilisé sur les sorties haut-parleur des amplificateurs audio.

Les fusibles CTP sont aussi faciles à utiliser. Les paramètres clés sont les courants de maintien et de basculement. Le premier correspond au courant maximal recommandé en fonctionnement pour une température ambiante donnée. Des courants plus forts peuvent commencer à entraîner l'augmentation de la résistance du CTP. On appelle courant de basculement la surintensité qui fera basculer le fusible CTP en un temps donné. Entre les deux, il est possible que le fusible bascule mais cela pourrait prendre longtemps, tout comme avec un fusible conventionnel. Ne pas oublier que les courants de maintien et de basculement sont fonction de la température et peuvent varier beaucoup avec elle. Un fusible CTP typique peut avoir une tolérance de  $\pm 50\%$  entre  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+70^{\circ}\text{C}$ .

La **figure 1** montre un exemple de protection contre les transitoires testée sur mon établi. J'ai relié un fusible CTP 300 mA à un TVS 16 V afin d'observer ce qui se passe lorsque la tension d'entrée passe de 10 V à 30 V. L'oscilloscope montre un pic de tension à environ 18 V avant que celle-ci ne plafonne à 16 V, comme prévu (**fig. 2**). Ce qui est vraiment sympa, c'est que la consommation à 30 V était d'environ 30 mA : sans fusible CTP, la diode TVS aurait surchauffé puis brûlé. En ramenant la tension à 10 V, le fusible CTP s'est réarmé.

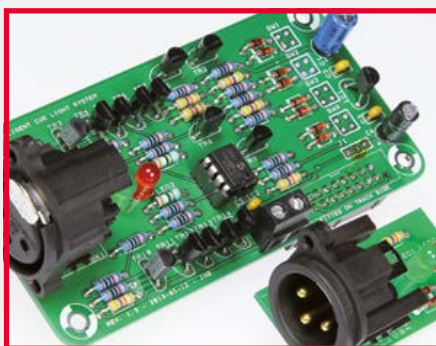
Vous ai-je convaincu d'ajouter les fusibles CTP à votre arsenal ? Ils sont parmi les composants de protection les plus polyvalents !

(130476 – version française : Kévin PETIT)



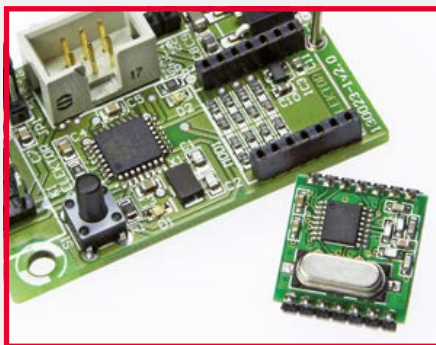
**alimentation de labo  
à base de Platino**

Sur une alimentation de laboratoire compacte classique, on trouve un circuit de régulation analogique plus un ou deux afficheurs pour la tension et le courant, parfois commandés par un microcontrôleur. Dans ce projet autour de la carte universelle **Platino** d'Elektor, c'est le microcontrôleur qui régule la tension et limite le courant de sortie. Il y a deux tensions régulées fixes et une tension variable jusqu'à 15 V à 1 A.



**signal lumineux pour scène**

Les scènes de théâtre sont équipées d'un signal lumineux coloré (souvent bi- ou tricolore) par lequel la régie envoie des ordres muets aux acteurs ou aux techniciens. Les systèmes commerciaux (souvent appelés *cuelight*) utilisent plusieurs canaux indépendants. Ici nous aurons quatre groupes, avec deux signaux : Préparation et Exécution, et l'indispensable fonction *Effacer*. Le nombre de canaux est pratiquement illimité.



**passerelle 433 MHz**

Il existe des modules sans fil 433 MHz de faible puissance pour la mesure, la commande et la commutation à distance, pilotés au moyen d'une interface SPI. Cette passerelle facilitera leur utilisation dans toutes sortes d'applications. Outre un module 433 MHz, la carte contient un ATmega328 et une interface UART. Le logiciel fourni en fait un port d'entrée et de sortie très maniable pour envoyer et recevoir des caractères UART.

Informations préliminaires sous réserves

Le numéro d'avril paraîtra le 25 mars

**Note :** l'électronique est capricieuse ; nous n'avons pas pu boucler à temps la **source de courant continu réglable avec afficheur** annoncée le mois dernier, ni le **générateur HF à synthèse numérique directe (DDS)**. Ces articles paraîtront probablement le mois prochain.

Les mises à jour éventuelles d'articles publiés peuvent être consultées sur notre site [www.elektor-magazine.fr](http://www.elektor-magazine.fr).



# hexadoku gare à la grüiiiille !

Cette page *hexadoku* serait la plus lue du magazine parce qu'elle est si populaire auprès des dames ?

Que lorgnent-elles, nos épouses, mères, filles, belles-mères, derrière l'exotisme de notre grille hexadécimale, fascinées comme le furent jadis les femelles du canton, accrochées aux grilles du *Gorille* de Tonton Georges ?

Pour vous et pour elle(s), voici une nouvelle dose de grain alphanumérique à moudre.

Remplissez la grille selon les règles, envoyez-nous votre solution, et vous gagnerez peut-être l'un des cadeaux offerts par Elektor et elektorPCBservice.

Une grille hexadoku est composée de chiffres du système hexadécimal, de 0 à F. Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de telle façon que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) n'apparaissent **qu'une seule et unique fois** dans chaque

rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (délimités par un filet gras). Certains chiffres, déjà placés dans la grille, en définissent la situation de départ. Pour participer, inutile de nous envoyer toute la grille, il suffit de nous envoyer **la série de chiffres** sur fond grisé.

## Participez et gagnez !

Nous tirons au sort l'une des réponses internationales correctes reçues dans les délais ; son auteur recevra un chèque-cadeau d'une valeur de **100 €** à valoir sur des circuits imprimés **elektorPCBservice (Eurocircuits)**.

Nous offrons en outre 3 chèques-cadeaux à valoir sur des **livres d'Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun.

## Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avec vos coordonnées par courriel, télécopie ou courrier avant le **1<sup>er</sup> avril 2014** :

Elektor c/o Regus Roissy CDG – Le Dôme – 1, rue de La Haye  
BP 12910 – 95731 Roissy CDG

Courriel : **hexadoku@elektor.fr**

## Les gagnants

La solution de la grille du numéro de décembre (426) est : **AC023**

Le gagnant des **100 €** à valoir sur des circuits imprimés **Eurocircuits** est **Marij Knops** (Pays-Bas).

Les 3 chèques-cadeaux Elektor d'une valeur de **50 €** chacun vont à : **Martin Müller** (Suisse), **Gérard Swiatly** (France) et **Merle Smith** (États-Unis)

Bravo à tous et félicitations aux gagnants !

					3		9	2		5					
F						8	4	0	C						9
1	A					C			E					3	6
8	3	9		E						D		A	4	5	
7	B	C	E		A					6		3	4	5	1
4	8	F	1	7						C	9	D	A	2	
D	6	2	3	B	1					4	A	C	8	0	7
5	0	A	9	2	C	4				1	8	7	B	F	6
9	C	E	B	D	8	F				3	A	5	4	1	2
6	D	1	4	C	0					2	B	E	3	F	A
A	F	7	0	1							4	5	6	9	8
3	2	5	8		4					0		7	B	C	D
2	1	D		F							E		5	8	3
C	7					2				5				1	4
E						1	A	3	8						B
					7		D	1		9					

4	2	D	5	1	F	E	7	B	C	A	8	3	6	0	9
8	3	B	F	C	4	0	6	D	5	7	9	E	A	2	1
9	A	C	0	2	3	D	8	E	F	6	1	B	5	4	7
1	6	7	E	5	9	B	A	0	2	3	4	F	8	C	D
5	4	E	1	9	0	A	C	2	6	8	F	D	7	B	3
A	C	F	2	B	1	6	3	9	7	D	0	4	E	5	8
0	B	3	8	D	2	7	4	C	E	1	5	9	F	6	A
D	7	6	9	E	5	8	F	3	A	4	B	C	0	1	2
3	0	4	A	7	6	C	B	F	D	9	E	1	2	8	5
6	8	5	D	3	A	4	9	1	B	0	2	7	C	F	E
B	E	1	C	F	D	2	0	A	8	5	7	6	9	3	4
F	9	2	7	8	E	1	5	4	3	C	6	A	B	D	0
E	D	8	6	4	7	9	1	5	0	B	C	2	3	A	F
2	1	9	B	A	8	5	E	6	4	F	3	0	D	7	C
7	F	0	4	6	C	3	D	8	9	2	A	5	1	E	B
C	5	A	3	0	B	F	2	7	1	E	D	8	4	9	6

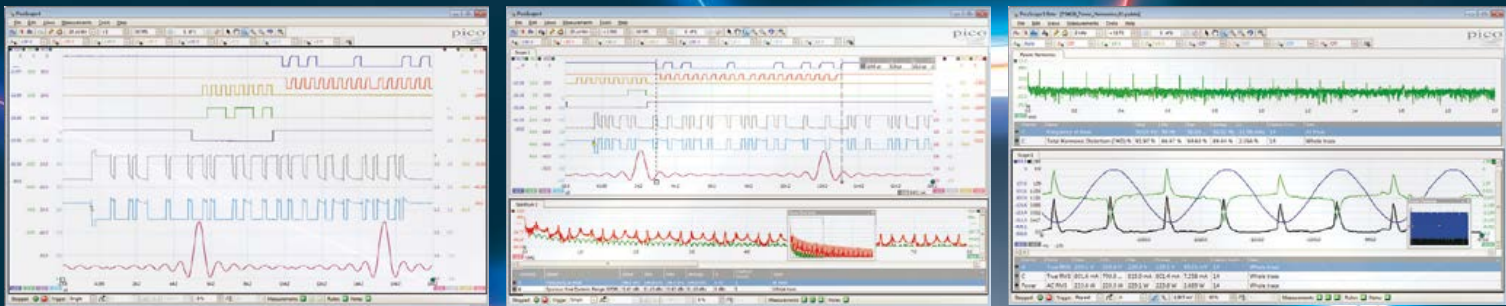
Tout recours est exclu de même que le sont, de ce jeu, les personnels d'Elektor International Media et leur famille. Un seul gagnant par foyer.



## 7 fonctions de PicoScope:

1. Oscilloscope
2. Analyseur de spectre
3. Générateur de fonctions
4. AWG
5. Analyseur logique
6. Analyseur de Protocole Série
7. Test de forme d'onde automatique

# OSCILLOSCOPE PC 8 CANAUX



**Pour seulement €1688**

- Haute Résolution
- Alimenté par USB
- Mémoire Profonde



COMPREND DES MESURES AUTOMATIQUES, ANALYSEUR DE SPECTRE, SDK COMPLET, DÉCLENCHEMENTS AVANCÉS, PERSISTANCE DE COULEURS, DÉCODAGE SÉRIE (CAN, LIN, RS232, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, FLEXRAY, SPI), MASQUES, MATHS, LE TOUT EN STANDARD. MISES À JOUR GRATUITES.

12 bit • 20 MHz • 80 MS/s • Mémoire 256Mé • AWG 14 bit

**[www.picotech.com/PS252](http://www.picotech.com/PS252)**





# Au service du génie

National Instruments met à la disposition des étudiants le matériel et le logiciel dont ils ont besoin pour développer leur expérience, aller au-delà de la théorie, et réaliser l'importance du rôle de l'ingénieur dans la société.

>> Découvrez comment NI supporte la prochaine génération d'innovateurs, en visitant [ni.com/academic/f](http://ni.com/academic/f)

01 57 66 24 24

NATIONAL INSTRUMENTS France • 2 rue Hennape – 92735 Nanterre Cedex, France • Tél. : 01 57 66 24 24 • Fax : (0)1 57 66 24 14 • Société de droit américain – capital social 1 000 dollars • US • 11500 N Mopac Expwy, Austin-Texas USA – 10056236 – 344 497 649 • RCS Nanterre – SIRET B 344 497 649 00048 – APE 516J - N.J.I. FR 57344497649

©2013 National Instruments. Tous droits réservés. National Instruments, NI, et ni.com sont des marques de National Instruments. Les autres noms de produits et de sociétés mentionnés sont les marques ou les noms de leurs propriétaires respectifs. Pour plus d'informations concernant les marques de National Instruments, veuillez vous référer à la partie Terms of Use sur le site [ni.com/legal](http://ni.com/legal). 09680

